

SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN EN BIOINGENIERÍA: BIOMECÁNICA Y SOCIEDAD

MARÍA DANIELA CALA TRASLAVIÑA

JORGE ANDRÉS MANTILLA RÍOS

MARTÍN KEVIN ALBERTO PEÑA SOLANO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

BUCARAMANGA

2018

SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN EN BIOINGENIERÍA: BIOMECÁNICA Y
SOCIEDAD

MARÍA DANIELA CALA TRASLAVIÑA
JORGE ANDRÉS MANTILLA RÍOS
MARTÍN KEVIN ALBERTO PEÑA SOLANO

Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniero(a) Mecánico(a)

Director:

DIEGO FERNANDO VILLEGAS

Ingeniero Mecánico, PhD.

Codirectora:

LUISA FERNANDA RUIZ JIMÉNEZ

Ingeniera Electrónica

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA

2018

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a nuestras familias, que nos apoyaron a lo largo de nuestra carrera; a los asistentes al Seminario, que fueron la razón para trabajar semana a semana con el deseo de ofrecerles lo mejor posible; y, sobre todo, a los afectados, directa o indirectamente, por la enfermedad de Hansen, principales beneficiarios de esta iniciativa, impulsada con todo nuestro cariño para que sea el primer paso en un largo camino que les permita vivir una vida mejor.

María Daniela

Jorge Andrés

Martín Kevin Alberto

AGRADECIMIENTOS

Estamos muy agradecidos con todo el personal de la UIS que nos apoyó durante el seminario: secretarías como la de Ciencias Humanas o Ingeniería Mecánica; la señora Martha Parra, secretaria del decanato de Ciencias, quien nos permitió, en varias ocasiones, tener un lugar donde dictar las sesiones del Seminario; y muy especialmente al señor Rector, Hernán Porras Díaz, quien nos brindó toda la ayuda en lo que se refiere al acercamiento que hicimos entre la UIS y el Sanatorio de Contratación E.S.E., así como en cuanto a las salidas técnicas de investigación que realizamos a esta institución.

Queremos agradecer también a todo el personal del Sanatorio de Contratación E.S.E, en especial al Dr. Miguel Ángel Jiménez Escobar, gerente de la institución, que estuvo siempre dispuesto a recibirnos y apoyarnos en esta iniciativa de abordar una problemática tan compleja como lo es la enfermedad de Hansen; y también a doña Elsa Azucena Cala, madre de nuestra compañera María Daniela Cala, quien nos recibió con extraordinaria calidez cada vez que tuvimos que viajar al municipio de Contratación.

De igual forma, estamos muy agradecidos con el Ing. Leonardo Andrés Rodríguez; el Ing. Alberth Alexander Calvache; el Dr. Olinto Mieles Burgos; el psicólogo social Pedro Pablo Rincón; los señores Rafael Valencia y Don Julián Cepeda Torres; el Dr. veterinario José Gabriel Jaimes Román; y nuestros compañeros y amigos Johan Enrique Gallo y Oliver Fabián Ávila, futuros ingenieros; por haber oficiado como Ponentes Invitados durante el transcurso del Seminario, siendo sus aportes invaluable para nuestro crecimiento académico y el de los asistentes. Agradecemos también a

nuestros amigos, que nos acompañaron en las buenas y en las malas, algunos de los cuales asistieron a varias de las sesiones e, incluso, estuvieron en la sustentación de nuestro proyecto, siempre con el ánimo de brindarnos apoyo y fortaleza: ¡esas son las amistades que realmente valen la pena en la vida, y que se llevan en el corazón!

Finalmente, agradecemos a los asistentes al Seminario por acompañarnos semana a semana, en una actividad extracurricular no obligatoria, y a los pacientes del Sanatorio, siempre amables y atentos, que nos permitieron invadir un poco de su privacidad con el fin de conocer cómo podemos aportarle a sus vidas.

¡Gracias Totales!

María Daniela

Jorge Andrés

Martín Kevin Alberto

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	20
1. GENERALIDADES DEL SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN EN BIOINGENIERÍA: BIOMECÁNICA Y SOCIEDAD.....	24
1.1 A MODO DE DEFINICIÓN.....	24
1.2 ¿POR QUÉ HACER EL SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN EN BIOINGENIERÍA: BIOMECÁNICA Y SOCIEDAD?	26
1.3 OBJETIVOS.....	28
1.3.1 Objetivo general.....	28
1.3.2 Objetivos específicos	28
1.4 ORGANIZACIÓN Y METODOLOGÍA	29
1.4.1 Estructura del Seminario.....	30
1.4.2 Definición de roles y responsabilidades	35
1.4.3 Desempeño de roles: cómo se organizó el Seminario.....	36
1.4.4 Estructura de las sesiones. Cada sesión, exceptuando la de <i>Introducción al Seminario</i> , se estructura, en términos generales, como se muestra en la tabla 3.	38
1.4.5 Evaluación de las sesiones: Actas.....	39
1.4.6 Invitados especiales (Ponentes Invitados).....	40
1.4.7 Recursos.....	42
2. EJECUCIÓN DEL SEMINARIO	46
2.1 FASE I: INTRODUCCIÓN A LA BIOINGENIERÍA	46
2.1.1 Sesión 1: <i>Introducción al Seminario</i>	47
2.1.2 Sesión 2: <i>Bioingeniería: una mirada propedéutica</i>	47
2.1.3 Sesión 3: <i>Estado actual de la bioingeniería</i>	48

2.1.4 Complementos a las sesiones: Fase I.	51
2.2 FASE II: LA ENFERMEDAD DE HANSEN	51
2.2.1 Sesión 4: <i>¿Qué es la enfermedad de Hansen?</i>	52
2.2.2 Sesión 5: <i>Pacientes Hansen y marginación social</i>	53
2.2.3 Sesión 6: <i>Una mirada cercana a la enfermedad de Hansen</i>	54
2.2.4 Sesión 7: <i>¿Qué se puede hacer para ayudar?</i>	57
2.2.5 Complementos a las sesiones: Fase II.	58
2.3 FASE III: FUNDAMENTOS TEÓRICO-PRÁCTICOS.....	59
2.3.1 Sesión 8: Huesos, músculos y articulaciones.	60
2.3.2 Sesión 9: <i>Dinámica del cuerpo humano</i>	62
2.3.3 Sesión 10: Biomateriales.	63
2.3.4 Sesión 11: <i>Biónica</i>	65
2.3.5 Sesión 12: <i>Ingeniería de Rehabilitación</i>	66
2.3.6 Sesión 13: <i>Sistema circulatorio I: Fundamentos teóricos</i>	69
2.3.7 Sesión 14: <i>Sistema circulatorio II: Aplicaciones</i>	70
2.3.8 Sesión 15: <i>Biomimética</i>	71
2.3.9 Sesión 16: Bioinformática.	72
2.3.10 Complementos a las sesiones: Fase III.	73
3. RESULTADOS.....	75
3.1 SOBRE LOS RECURSOS BIBLIOGRÁFICOS USADOS EN Y PARA EL SEMINARIO.....	75
3.2 “MEMORIAS DEL SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN EN BIOINGENIERÍA: BIOMECÁNICA Y SOCIEDAD”	77
3.3 SALIDAS TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN.....	77
3.3.1 Visita al Centro Tecnológico Empresarial de la Fundación Cardiovascular. .	78

3.3.2 Visita al Sanatorio de Contratación E.S.E.....	80
3.4 ENCUESTA A PROFESIONALES DE LA SALUD Y LA INGENIERÍA	83
3.4.1 Planteamiento del problema.	83
3.4.2 Materiales y métodos.....	83
3.5 LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN PROPUESTAS.....	86
3.6 ACERCAMIENTO ENTRE LA UIS Y EL SANATORIO DE CONTRATACIÓN E.S.E.....	88
3.7 ENCUESTAS A LOS ASISTENTES	91
3.7.1 Encuesta inicial (sesión 2)	92
3.7.2 Encuesta final (sesión 16).....	93
4. CONCLUSIONES	96
5. RECOMENDACIONES.....	101
5.1 RECOMENDACIONES DE LOS ASISTENTES AL SEMINARIO	101
5.2 RECOMENDACIONES DE LOS AUTORES.....	101
BIBLIOGRAFÍA.....	104

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Especificación de temas y subtemas del Seminario.....	30
Tabla 2. Distribución de roles a lo largo del Seminario.....	36
Tabla 3. Estructura de las sesiones.....	38
Tabla 4. Invitados y los títulos de sus ponencias.....	41
Tabla 5. Sesiones con Ponente Invitado.....	42
Tabla 6. Datos estadísticos de la edad de los encuestados.....	85

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Formato usado en las Actas.....	40
Figura 2. Formato de las diapositivas (sesión 4).....	44
Figura 3. Publicidad de las sesiones (sesión 4).....	45
Figura 4. Sesión 1: <i>Introducción al Seminario</i>	47
Figura 5. Sesión 2: <i>Bioingeniería: una mirada propedéutica</i>	48
Figura 6. Ingeniero Leonardo Rodríguez Salazar (extremo derecho), Jefe del Grupo de Investigación y Desarrollo de la Fundación Cardiovascular (FCV), junto a los Realizadores.....	50
Figura 7. Sesión 3: <i>Estado actual de la bioingeniería</i>	50
Figura 8. Sesión 4: <i>¿Qué es la enfermedad de Hansen?</i>	52
Figura 9. Ponente invitado Pedro Pablo Rincón, Psicólogo Social, en su intervención durante la sesión 5: <i>Pacientes Hansen y marginación social</i>	54
Figura 10. Dr. Olinto Mieles Burgos (segundo de derecha a izquierda), bacteriólogo del Sanatorio de Contratación E.S.E., junto a los Realizadores.....	55
Figura 11. Ponente invitado Rafael Valencia, paciente del Sanatorio de Contratación E.S.E	56
Figura 12. Don Julián Cepeda Torres mientras espera su turno para interpretar una de sus composiciones en la sesión 6: <i>Una mirada cercana a la enfermedad de Hansen</i>	56
Figura 13. Sesión 7: <i>¿Qué se puede hacer para ayudar?</i>	58
Figura 14. Presentación especial al Semillero GIEMA: Biomecánica.....	59
Figura 15. Sesión 8: <i>Huesos, músculos y articulaciones</i>	61

Figura 16. Formulario para el tema de proyectos	62
Figura 17. Sesión 9: <i>Dinámica del cuerpo humano</i>	63
Figura 18. Ponente Invitado Dr. Veterinario José Gabriel Jaimes, gerente de la empresa Quirúrgicos Especializados S.A., en su intervención durante la sesión 10: <i>Biomateriales</i>	64
Figura 19. Sesión 11: <i>Biónica</i>	66
Figura 20. Sesión 12: <i>Ingeniería de Rehabilitación</i>	68
Figura 21. Óliver Fabián Tamayo (extremo izquierdo) y Johan Enrique Gallo (interior izquierdo) junto a los Realizadores.....	68
Figura 22. Sesión 13: <i>Sistema circulatorio I: Fundamentos teóricos</i>	69
Figura 23. Sesión 14: <i>Sistema circulatorio II: Aplicaciones</i>	70
Figura 24. Sesión 15: <i>Biomimética</i>	72
Figura 25. Sesión 16: <i>Bioinformática</i>	73
Figura 26. Entrevista con el Dr. Leonardo Salazar, Coordinador Médico del grupo de ECMO y VAD en Fundación Cardiovascular de Colombia.....	74
Figura 27. Curso en <i>moodle</i> : “Bioingeniería: Biomecánica y Sociedad”	75
Figura 28. El Ing. Leonardo Rodríguez mientras les presenta a los participantes de la salida técnica de investigación la máquina <i>Nanospider</i>	78
Figura 29. Inicio del recorrido por las instalaciones del Sanatorio	81
Figura 30. Algunos estudiantes interactuando con los pacientes	81
Figura 31. Estudiantes conociendo las necesidades que tienen los pacientes del Sanatorio	82
Figura 32. Paciente del Sanatorio con problemas de movilidad	82

Figura 33. Primera reunión del Comité Multidisciplinar del Convenio entre la UIS y el Sanatorio.....	90
Figura 34. Segunda reunión del Comité Multidisciplinar del Convenio entre la UIS y el Sanatorio.....	90
Figura 35. Salida de Investigación al Sanatorio de Contratación por parte de investigadores y profesores UIS.....	91
Figura 36. Asistencia general de los encuestados durante el último sondeo.....	94

LISTA DE ANEXOS

(Ver anexos adjuntos en el CD)

Anexo A. Memorias del Seminario de Investigación en Bioingeniería: Biomecánica y Sociedad

Anexo B. Actas

Anexo C. Imágenes publicitarias de las sesiones

Anexo D. Formulario de aplicación de la encuesta inicial a los asistentes

Anexo E. Formulario de aplicación de la encuesta final a los asistentes

Anexo F. Formulario de aplicación de la encuesta a los profesionales de la salud y la ingeniería

Anexo G. Entrevista al Dr. Leonardo Salazar

Anexo H. Análisis de resultados y discusión de la encuesta a los profesionales de la salud y la ingeniería

Anexo I. Documento base para el Convenio UIS – Sanatorio

Anexo J. Análisis de resultados y discusión de las encuestas realizadas a los asistentes del Seminario

RESUMEN

TÍTULO: SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN EN BIOINGENIERÍA: BIOMECÁNICA Y SOCIEDAD*

AUTORES: MARÍA DANIELA CALA TRASLAVIÑA
JORGE ANDRÉS MANTILLA RÍOS
MARTÍN KEVIN ALBERTO PEÑA SOLANO**

PALABRAS CLAVE: BIOINGENIERÍA, LEPRO, ENFERMEDAD DE HANSEN, SANATORIO DE CONTRATACIÓN E.S.E., CONVENIO INTERINSTITUCIONAL, MULTIDISCIPLINARIEDAD, INVESTIGACIÓN.

DESCRIPCIÓN:

La bioingeniería es la disciplina que, analizando los fundamentos de las ciencias y la ingeniería, estudia las posibles aplicaciones de ésta a la biología y la medicina. De manera específica, la biomecánica estudia el comportamiento del cuerpo ante el movimiento, todos los aspectos fisiológicos y mecánicos relacionados con la dinámica y cinemática del organismo. Son áreas con gran potencial investigativo que brindan la oportunidad de crear soluciones eficaces a los problemas de salud que aquejan a las personas, muchos de los cuales son ignorados por la Academia, o pasados por alto por el sistema de salud –que no les invierte lo suficiente–, ya sea porque poco se conoce de ellos, o porque no son tan grandes como para considerarlos problemas de salud pública. Tal es el caso de la enfermedad de Hansen (lepra), un problema de salud histórico y mitificado del cual poco se habla en la actualidad, que causa en quien la padece multitud de discapacidades, tanto físicas como psicosociales, que, no obstante, pueden ser mejoradas con la ayuda de la bioingeniería.

El presente proyecto de grado, modalidad Seminario de Investigación, pretende motivar la investigación científica con sentido social en los estudiantes de la UIS, mostrándoles las características y fundamentos de la bioingeniería y la biomecánica, y cómo desde estas disciplinas se le puede ayudar a las personas que padecen discapacidades, por diversos problemas de salud, como ocurre con los pacientes de Hansen. A su vez, dado el grado de desconocimiento que se maneja sobre la enfermedad, y la importancia que representa en el departamento de Santander, el Seminario de Investigación en Bioingeniería: Biomecánica y Sociedad busca también hacer pedagogía de la lepra para eliminar el estigma que provoca en la sociedad, el cual genera la exclusión y discriminación de quien la padece, sus familiares y amigos.

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Diego Fernando Villegas Bermúdez (Director). Luisa Fernanda Ruiz Jiménez (Codirector).

ABSTRACT

TITLE: RESEARCH SEMINAR IN BIOENGINEERING: BIOMECHANICS AND SOCIETY*

AUTHOR: MARÍA DANIELA CALA TRASLAVIÑA
JORGE ANDRÉS MANTILLA RÍOS
MARTÍN KEVIN ALBERTO PEÑA SOLANO**

KEYWORDS: BIOENGINEERING, LEPROSY, HANSEN'S DISEASE, SANATORIO DE CONTRATACIÓN E.S.E., INTERINSTITUTIONAL AGREEMENT, MULTIDISCIPLINARITY, RESEARCH.

DESCRIPTION:

Bioengineering is the discipline which, analysed on the basis of sciences and engineering, studies the possible applications of it to biology and medicine. Specifically, biomechanics approaches the body behavior towards movement, all the physiological and mechanical aspects related to the dynamics and kinematics of the organism. These are areas with great research potential to create efficient solutions to the health problems overwhelming people, many of which are ignored either by academics or health systems, whose fundings are invested in other issues, owing to the lack of knowledge or to the fact that these diseases are not large enough to be considered as a public health problem. Such is the case of Hansen's disease, better known as leprosy, a historic and mystified health problem of which there is little awareness nowadays. Despite the vast amount of physical and psychosocial disabilities it causes, all of them can be improved with the help of bioengineering.

The present bachelor's thesis, under the modality of seminar of investigation, aims to motivate the scientific research with social sense in the students of the university, by presenting them the characteristics and basics of bioengineering and biomechanics, and how these disciplines can help people with many disabilities caused by different health problems as it is the case with Hansen's disease's patients. In addition, due to the ignorance regarding this disease and the impact that it represents in Santander, the "Research Seminar in Bioengineering: Biomechanics and Society" seeks to make aware of leprosy to eliminate the stigma it provokes in society, which leads to discrimination of the people who suffers from it, their relatives, and friends.

* Degree Project

** Faculty of Physical-Mechanical Engineering. Mechanical Engineering School. Diego Fernando Villegas Bermúdez (Director). Luisa Fernanda Ruiz Jiménez (Codirector).

INTRODUCCIÓN

Es lógico pensar que la ingeniería se sustenta y condiciona siempre a las necesidades humanas, que su contenido tiene ante todo una raíz social. No obstante, si se revisa en retrospectiva, el sentido social que la haya acompañado se ha ido perdiendo a medida que la industria progresa: ahora todo gira alrededor de variables económicas abstractas (de hecho, la palabra “progreso” se aplica casi exclusivamente al crecimiento económico y aumento de la riqueza) mientras lo real y concreto, la sociedad y el ser humano, se hunden en el olvido. Entonces, la formación en ingeniería se acerca cada vez más a un mero catálogo de respuestas rápidas para el sector industrial, una recopilación de conocimientos técnicos y corporativos pensados para resolver los perpetuos “problemas” del sector (porque para la industria siempre hay problemas), que siempre apuntan a lo mismo: mejorar los indicadores de productividad, aumentar la rentabilidad, disminuir los costos... una retahíla interminable que determina y le da forma y sentido al complejo mundo empresarial de la actualidad. Y con solo ver el plan de estudios de un pregrado en ingeniería de alguna universidad se puede tener constancia de ello: éstos han ido dejando a un lado las asignaturas con matices sociales para incluir aquellas que respondan a las necesidades presentes de la industria (un ejemplo de esto es la eliminación de la asignatura “Ética ciudadana” del pénsum de cualquier ingeniería en la Universidad Industrial de Santander (aunque sigue apareciendo en su página oficial)). De hecho, todos los cambios que se le hagan a los planes de estudio –al menos así pasa en la UIS– se basan en consideraciones del sector industrial.

Ahora bien, ¿quiere decirse entonces que la ingeniería se ha deshumanizado, que ya no piensa ni le importan las necesidades esenciales de la humanidad? ¡De ninguna manera! De hecho, el avance científico que ha ocurrido en los últimos siglos es prueba de ello: los campos de investigación son cada vez más amplios y la tecnología avanza con presteza, propiciando el surgimiento de nuevas disciplinas, muchas de las cuales buscan la resolución de múltiples problemáticas que afectan

directamente al ser humano, incluso en cuanto a su vida misma se refiere –como los problemas de salud, por ejemplo–. Una de ellas, que experimenta un gran crecimiento y popularidad tanto a nivel nacional como internacional, es la *Bioingeniería*, que, mediante un enfoque multidisciplinar, promete soluciones a problemas críticos y urgentes, como el calentamiento global y las enfermedades discapacitantes –que mellan la autonomía y libertad de quienes la padecen–: en fin, una subdisciplina de la ingeniería directamente relacionada con los organismos vivos, con el potencial de reivindicar el enfoque social de la ingeniería, que se ha abierto camino en la Academia y que cobra cada vez más importancia práctica. Sin embargo, aún existen varias dificultades que restringen su influencia e impacto y que condicionan su inherente sentido humano, tanto en el mundo académico como en la cotidianidad misma, principalmente en Colombia y Latinoamérica: ésta no suele incluirse en la formación de los nuevos profesionales de ingeniería, o si se hace solo se tocan los aspectos más superficiales del tema (véase el pênsum de cualquier ingeniería de la UIS); pocas universidades investigan al respecto, y las que lo hacen no cuentan con las suficientes y apropiadas herramientas y recursos, o no conocen la situación que viven las comunidades en las que tienen influencia, por lo que si se llevan a cabo investigaciones, éstas no se enfocan en las necesidades particulares que tienen dichas comunidades (¿qué sentido tiene investigar algo sin aplicabilidad al entorno propio?); no existen relaciones fuertes entre distintas disciplinas, que aunque alejadas en cuanto a su especialidad tienen mucho en común para trabajar mancomunadamente, tales como las ingenierías, la medicina, la biología e inclusive las humanidades. Esta es, precisamente, la situación de la bioingeniería en la Universidad Industrial de Santander, reflejo de lo que vive esta disciplina en el país.

Entonces, ¿cómo lograr fomentar esta área para reivindicar el sentido humano de la ingeniería? ¿Qué hacer para impulsar la bioingeniería en la Academia, en la UIS –principal gestor del conocimiento en el departamento de Santander–, y para que se trabaje en pos de mejorar la vida de quienes sufren las consecuencias de

determinadas enfermedades? Lógicamente, lo primero que debe hacerse es **darla a conocer**: la falta de información en varios de sus temas dificulta que el estudiante se entere de los nuevos campos de exploración académica que existen y van surgiendo, lo que limita la cantidad de interesados en este tipo de actividades, por lo cual se torna imprescindible idear una manera eficaz de recopilar, ordenar, transmitir y archivar una gran cantidad de información sobre los temas y subtemas relacionados con la bioingeniería; también debe **promoverse la investigación en el área**, enfatizando el gran impacto positivo que puede lograrse en las comunidades afectadas por cualquier problema: es primordial que la Universidad dé a conocer a sus estudiantes todos los recursos que ofrece la bioingeniería, mostrando sus implicaciones, temáticas y fines, tratando las problemáticas sociales endémicas de la región –muchas veces desconocidas o ignoradas– y abriendo espacios académicos, guiados y dirigidos por cada una de las escuelas que pueden aportar a la solución de éstas, es decir hacer todo lo que permita potenciar la enseñanza y la generación de nuevos proyectos de investigación en dicha disciplina desde todas las ramas que la conforman: Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería Química, Fisioterapia, Medicina, Ingeniería Mecánica, etc.; y, por supuesto, es imprescindible **hacer ver, con todo lo anterior, el carácter multidisciplinar que caracteriza a la bioingeniería**, disciplina que se nutre y depende de todas las ramas del saber, por más dispares que se consideren. Nada verdaderamente grande (y no en tamaño sino en impacto) puede alcanzarse trabajando individualmente.

Ahora bien, si se investiga lo suficiente, se pueden encontrar problemáticas olvidadas, inclusive consideradas inexistentes, pero que son endémicas en el departamento de Santander. Una de ellas es una enfermedad histórica que goza de muy mala reputación: la lepra, un padecimiento cruel que ha marcado a todos los que la han sufrido Pero, ¿qué tiene que ver aquí la ingeniería? ¿Puede la bioingeniería contribuir a mejorar la vida de quien la padece?

Teniendo en mente cada uno de estos aspectos, surge la idea de realizar el Seminario de Investigación en Bioingeniería: Biomecánica y Sociedad, un esfuerzo por mostrar una ingeniería humanizada; por dar a conocer la bioingeniería a la comunidad universitaria; por promover una investigación multidisciplinar de carácter social; y, sobre todo, por sacar de las tinieblas una enfermedad milenaria, olvidada por muchos y desconocida por otros, endémica en el departamento de Santander y repudiada y mitificada desde los orígenes mismos de la humanidad: la lepra, que ha servido de excusa para la discriminación y exclusión de quienes la han padecido a lo largo de la historia. ¿Existe actualmente? ¿Por qué es tan temida? ¿Qué la caracteriza? ¿Se puede desde la Universidad, a través de las disciplinas técnicas y demás, hacer algo respecto a esta enfermedad?

En resumen, el Seminario de Investigación en Bioingeniería: Biomecánica y Sociedad tiene como principal objetivo recuperar la idea de auxiliar a las personas –principalmente a todas aquellas que padecen o han padecido la enfermedad de Hansen (lepra)–, promoviendo proyectos de grado en biomecánica (y, por extensión, bioingeniería) de carácter social, que busquen satisfacer las necesidades que existen en la región santandereana, como todo lo referente a las secuelas (amputaciones, por ejemplo) que dejan las múltiples enfermedades discapacitantes: **la vida de aquellas personas que padecen de discapacidades puede ser mejorada gracias al esfuerzo de la bioingeniería y sus campos de aplicación.**

1. GENERALIDADES DEL SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN EN BIOINGENIERÍA: BIOMECÁNICA Y SOCIEDAD

El presente proyecto aborda multitud de temas, elegidos y ordenados especialmente para cumplir con unos objetivos particulares. Ahora bien, ¿cuáles son éstos? ¿Qué motivó a sus realizadores a llevarlo a cabo? ¿A qué se hace referencia cuando se habla de Seminario? ¿Por qué hacerlo sobre bioingeniería? ¿Por qué enfocarlo de esa manera? ¿Qué tiene que ver una enfermedad como la lepra con el quehacer profesional de un ingeniero? Esta sección tiene como fin abordar todos los aspectos generales en los que se enmarcó el Seminario de Investigación en Bioingeniería: Biomecánica y Sociedad, y responder así estas y otras preguntas más.

1.1 A MODO DE DEFINICIÓN

Para los autores –y con base en lo dicho por la Universidad¹– un seminario de investigación es un espacio que trasciende las asignaturas que se cursan a lo largo del programa académico de pregrado, en el que se puede abordar un tema particular con todas sus implicaciones y características, no tan profundamente, ya que el tiempo no lo permite (32 horas en total no es suficiente para abordar un tema de manera completa), pero sí de una manera más didáctica e interactiva, en la que todos los asistentes pueden hacer aportes a medida que aprenden, a la par de los mismos realizadores, quienes tienen la responsabilidad de preparar las sesiones que lo conforman de la manera más seria y rigurosa posible. De esta manera, esta modalidad de proyecto de grado permite combinar dos actividades que suelen

¹ Universidad Industrial de Santander. Lineamientos para el seminario de investigación como modalidad para el desarrollo del trabajo de grado. Vicerrectoría Académica, septiembre de 2007. 16 p.

considerarse muy dispares (o al menos que no suelen darse muy seguidos): la investigación científica y la enseñanza, una relación sinérgica que estimula la formación integral de sus participantes (asistentes y realizadores). Entonces, el seminario de investigación es una modalidad de proyecto de grado ideal para el fomento de un aprendizaje participativo, para la formación de profesionales de carreras técnicas con experiencia en el proceso de investigación científica: un espacio ideal para el desarrollo de capacidades como la observación e identificación de los problemas subyacentes contenidos en la realidad en la que se desenvuelve el quehacer profesional; la búsqueda de respuestas a preguntas claves y su correspondiente argumentación teórica y metodológica con miras a la consecución de la mejor solución posible a determinada problemática; y la puesta en contexto del problema objeto de estudio, la identificación de sus relaciones con la realidad en la que se da, con todas sus implicaciones políticas, sociales y económicas². Pero también, y es uno de los puntos más atractivos de esta modalidad de proyecto de grado, el seminario de investigación es la puesta en práctica de actividades pedagógicas que permitan a los realizadores acercarse al mundo de la enseñanza, al trabajo de ser profesor, de ser maestro en su respectiva disciplina, sacándolos un poco de su consuetudinaria formación técnico-industrial y acercándolos al arte de enseñar a otros mientras aprenden ellos mismos.

Para lograr estos fines, el seminario de investigación se organiza en 16 sesiones, una por semana a lo largo del semestre académico (correspondiente con las semanas de clase), las cuales van desglosando el tema que se trata. Así, deben pensarse para llevar un hilo lógico en lo que respecta al tratamiento de la temática elegida, de tal manera que con cada sesión ésta se vaya profundizando y aclarando un poco más, se vaya explorando su complejidad. A su vez, los encargados de impartir el seminario (los realizadores) deben cumplir con determinados roles, pensados para ejercitar todas las capacidades necesarias para y promovidas por el proceso de investigación científica; y, para que las sesiones se den de la mejor

² Ibíd., p. 4.

manera, pensando en el disfrute y edificación de los asistentes, los realizadores deben estructurarlas e impartirlas apropiadamente. Para esto cuentan con la guía de los directores, quienes les ayudan a establecer la pertinencia y actualidad tanto del tema central como de los subtemas semanales –y la ubicación de éstos en el entramado del seminario–, resuelven sus dudas e inquietudes y los orientan en cuanto a las fuentes de consulta y la forma de impartir las respectivas sesiones.

Ahora bien, ¿qué caracteriza al Seminario de Investigación en Bioingeniería: Biomecánica y Sociedad? Las secciones siguientes tratan todas las consideraciones y aspectos propios de éste.

1.2 ¿POR QUÉ HACER EL SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN EN BIOINGENIERÍA: BIOMECÁNICA Y SOCIEDAD?

La idea de realizar un seminario de investigación en bioingeniería (con énfasis en biomecánica) surgió debido al gran interés de los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Mecánica a la hora de elegir su proyecto de grado en temas referentes a esta área. Así, en los últimos semestres se ha podido observar, cuando se publican las respectivas sustentaciones, una cada vez mayor demanda de proyectos de investigación tales como, por ejemplo, el desarrollo de prótesis o el estudio de las fuerzas involucradas en determinada parte del cuerpo. Un cambio que ha sido motivado por el surgimiento de la asignatura de Biomecánica y, sobre todo, por el esfuerzo que en los últimos años ha hecho el grupo de investigación GIEMA por promover la investigación. Sin embargo, esto no ocurre solo en la Escuela de Ingeniería Mecánica: en toda la UIS existen iniciativas alrededor de esta área del conocimiento, proyectos de investigación al respecto, algunos ya bien formados y establecidos, otros que están dando los primeros pasos. Pero existe un problema común: todos trabajan de manera individual, lejos de las demás iniciativas, incluso de aquellas que están muy relacionadas. No existe un trabajo mancomunado, una inter y multidisciplinaredad que potencie las investigaciones, que las hagan más

profundas, aunado al hecho de que los estudiantes no reciben la suficiente información al respecto en sus programas de pregrado (si se duda de ello véase el p^éns^um de cualquier ingeniería de la UIS). Por lo tanto, queda un campo de trabajo abierto que es imprescindible abordar.

No obstante todo lo anterior, muy importante de por sí, la razón principal para realizar el Seminario de Investigación en Bioingeniería: Biomecánica y Sociedad (de aquí en adelante: Seminario) tiene que ver con lo que sus autores (de aquí en adelante: Realizadores) creen de la ingeniería: más allá de una disciplina para garantizar la perpetuación y progreso de la industria, es una oportunidad de analizar, desde una perspectiva diferente a la que comúnmente se maneja, las problemáticas sociales que aquejan a la comunidad; una oportunidad de ayudar a quienes más lo necesitan. De ahí la decisión de tomar la enfermedad de Hansen (lepra) como el tema insignia del Seminario: por la indiferencia y repudio que han recibido las personas que la han padecido por parte de la sociedad en general –quienes históricamente han optado por olvidarse de aquellos desdichados, recluyéndolos en encierros obligatorios y legales en el pasado, estigmatizándolos y rechazándolos de maneras más sutiles en el presente–, sumado al desconocimiento que se tiene sobre ella, todo lo cual termina destruyendo la dignidad de quien la padece, hasta alcanzar secuelas más profundas y denigrantes que las que la enfermedad por sí misma genera: secuelas en todos los planos de la existencia: psicológico, social e, incluso, cultural (véase el capítulo 3 del anexo A, “Memorias del Seminario de Investigación en Bioingeniería: Biomecánica y sociedad”). ¿Puede la ingeniería ayudar a estas personas?

Así, nace el Seminario: una manera de promover y encauzar el espíritu investigativo de los estudiantes de la UIS hacia el área de la bioingeniería, dado su auge e importancia; una manera de sacar del olvido un enfermedad milenaria y mitificada como la lepra, de estudiar lo que la ingeniería podría aportar para mejorarle la vida a todas aquellas personas que la padecen, o han padecido. Es decir, el Seminario de Investigación en Bioingeniería: Biomecánica y Sociedad busca dar a conocer a

los estudiantes de la Universidad Industrial de Santander, en un trabajo multidisciplinar, los fundamentos y las líneas de investigación que existen y se están abriendo paso en esta rama de la ciencia, con un fuerte enfoque social hacia la enfermedad de Hansen, para que opten por desarrollar su proyecto de grado en este campo, y con la convicción de querer ayudar a las personas.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Desarrollar un seminario de investigación en el área de la Bioingeniería –con énfasis en la Biomecánica como rama de ésta–, mediante la recopilación y el análisis de información de orden regional, nacional e internacional, que permita incentivar la elaboración de proyectos de investigación sobre el tema, y logre así generar un alto impacto social en la comunidad y ampliar el campo de trabajo del ingeniero mecánico de la Universidad Industrial de Santander, involucrándolo en labores médicas y sociales, dando cumplimiento de esta manera a la misión de la Escuela de Ingeniería Mecánica.

1.3.2 Objetivos específicos

- Elaborar un documento síntesis que contenga toda la información que se le dé a la comunidad estudiantil sobre los fundamentos de la bioingeniería, enfatizando en la biomecánica, y los avances que se están dando en los diferentes campos de investigación de esta área.
- Promover en los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Mecánica una cultura de investigación en el área de la bioingeniería, enfocada a la resolución de los problemas que aquejan a la comunidad, en especial en todo lo referente a la situación del Sanatorio de Contratación E.S.E, ubicado en el municipio de Contratación, Santander.

- Realizar un sondeo que muestre el estado actual de la bioingeniería a nivel local, mediante visitas a algunos centros hospitalarios y de investigación y entrevistas a profesionales de la salud y la ingeniería que estén involucrados en aplicaciones médicas, con el fin de averiguar con qué recursos bioingenieriles se cuenta y qué proyectos están desarrollándose en esta área en la ciudad de Bucaramanga y el municipio de Contratación, Santander.
- Sugerir áreas de investigación de acuerdo a la situación de la bioingeniería a nivel regional con la realidad del país y los avances que se están dando en el ámbito internacional.
- Evaluar, por medio de encuestas hechas a los participantes al inicio y final del Seminario, la percepción de la comunidad estudiantil hacia la investigación en el área de la bioingeniería.

Cabe resaltar que el Seminario no solo pretende promover una cultura de investigación –y sugerir áreas de trabajo– en los estudiantes de Ingeniería Mecánica (que es el primer foco al que se apunta, ya que los autores del proyecto son estudiantes de esta disciplina), sino en la mayor cantidad posible de disciplinas, desde las ingenierías y las áreas de la salud hasta las humanidades, haciendo énfasis en el carácter multidisciplinar de la bioingeniería. Ésta es la única manera de mejorar verdaderamente la vida de las personas.

1.4 ORGANIZACIÓN Y METODOLOGÍA

Definir la estructura (los temas y subtemas elegidos), la forma en la que se registraban las sesiones al finalizar (las actas) y los roles que ejecutaron los

Realizadores a lo largo del Seminario, son algunas de las cosas que trata esta sección.

1.4.1 Estructura del Seminario. Los temas elegidos y el orden adoptado buscan abarcar todo lo relacionado a la bioingeniería, ubicar a los asistentes en lo que ella significa e implica (Fase I: Introducción a la bioingeniería); luego, abordar el tema insignia del Seminario, la enfermedad de Hansen (Fase II: La enfermedad de Hansen); y avanzar de a poco (es decir sesión a sesión) en la rama de la bioingeniería a la que más tiempo y esfuerzo se le dedica: la biomecánica (Fase III: Fundamentos teórico-prácticos de la bioingeniería). Todo esto manteniendo siempre un enfoque en sus aplicaciones sociales y la oferta de proyectos disponible para ejecutar en el ámbito regional. En la tabla 1 se observan el tema y subtemas de cada sesión.

Tabla 1. Especificación de temas y subtemas del Seminario

FASE I: INTRODUCCIÓN A LA BIOINGENIERÍA
Sesión 1: <i>Introducción al Seminario</i>
<ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Qué es el Seminario? 2. ¿Por qué un Seminario de Investigación en Bioingeniería? 3. ¿Qué busca el Seminario? 4. Estructura 5. Tipos de sesiones 6. Ejes temáticos 7. Cronograma
Sesión 2: <i>Bioingeniería: una mirada propedéutica</i>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Antecedentes históricos 2. Definición de Bioingeniería

<ol style="list-style-type: none"> 3. Importancia y pertinencia de este campo 4. Disciplinas que la componen 5. Ingeniería Biomédica 6. Campos de trabajo de la Ingeniería Biomédica 7. Bioética
<p>Sesión 3: <i>Estado actual de la bioingeniería</i></p>
<ol style="list-style-type: none"> 1. La bioingeniería en Colombia 2. El marcapasos 3. La válvula de Hakim 4. Barreras para la bioingeniería en Colombia 5. Telemedicina 6. Investigación y Academia en la actualidad 7. Panorama actual de la bioingeniería
<p>FASE II: LA ENFERMEDAD DE HANSEN</p>
<p>Sesión 4: <i>¿Qué es la enfermedad de Hansen?</i></p>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Actualidad (y un poco de historia) 2. Estadísticas mundiales, latinoamericanas y nacionales 3. La enfermedad en Contratación 4. Evolución del conocimiento científico 5. Definición y características de la lepra 6. Infección vs. Enfermedad 7. Clasificación 8. Tratamiento
<p>Sesión 5: <i>Pacientes Hansen y marginación social</i></p>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Mitos y dichos más comunes sobre lepra a lo largo de la historia 2. Lazaretos en Colombia: una forma de encierro y destrucción de identidad 3. El estigma hacia los enfermos 4. Sufrimientos de quien padece, o ha padecido la enfermedad 5. Contratación, Santander: algunas huellas del cambio

<p>Sesión 6: <i>Una mirada cercana a la enfermedad de Hansen</i></p> <p>Intervención del Dr. Olinto:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Historia de los lazaretos en Colombia 2. “La lepra no se estigmatiza... se cura” 3. Búsquedas activas de la enfermedad <p>Intervención de Rafael Valencia:</p> <ol style="list-style-type: none"> 4. “Mi experiencia alrededor de la enfermedad: cómo cambió mi vida” <p>Intervención de Julián Cepeda:</p> <ol style="list-style-type: none"> 5. “Mi experiencia alrededor de la enfermedad: cómo supere la adversidad”
<p>Sesión 7: <i>¿Qué se puede hacer para ayudar?</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Importancia de la lepra: magnitud del problema 2. Convención de la ONU sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad 3. Estrategia Mundial para la Lepra, 2016 – 2020 (OMS) 4. ¿Qué podemos hacer para ayudar? 5. Convenio UIS – Sanatorio: una propuesta para mejorar la vida de estas personas
<p>FASE III: FUNDAMENTOS TEÓRICO-PRÁCTICOS DE LA BIOINGENIERÍA</p>
<p>Sesión 8: <i>Huesos, músculos y articulaciones</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Fisiología del movimiento humano 2. Sistema óseo 3. Sistema muscular 4. Complejo articular 5. Tendones y ligamentos 6. ¿Por qué hablar de esto?
<p>Sesión 9: <i>Dinámica del cuerpo humano</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Movimiento corporal 2. Sistema nervioso 3. Equilibrio

4. Biomecánica del movimiento: Marcha
5. Biomecánica del movimiento: Mano
6. Biomecánica del movimiento: Carrera

Sesión 10: *Biomateriales*

1. Definición y características de los biomateriales
2. Interacción material – organismo
3. Biocompatibilidad
4. Biofuncionalidad
5. Tipos de biomateriales
6. Aplicaciones: casos de estudio
7. El futuro de esta ciencia
8. ¿Cómo está la UIS al respecto?
9. Industria de biomateriales en Bucaramanga: Quirúrgicos Especializados S.A.

Sesión 11: *Biónica*

1. ¿Qué es?
2. ¿Cómo surgió?
3. Actualidad
4. El proceso de diseño
5. Impacto social
6. Requerimientos y restricciones
7. Tipos de prótesis
8. El papel de la impresión 3D
9. Diseño de prótesis de miembro superior: un caso exitoso de la UIS

Sesión 12: *Ingeniería de Rehabilitación*

1. ¿Qué implica la *discapacidad*?
2. La responsabilidad ante la discapacidad: Stephen Hawking
3. ¿Qué es *Ingeniería de Rehabilitación*?
4. Campos de acción: Rehabilitación y Asistencia

<ul style="list-style-type: none"> 5. Motricidad y factores que la afectan 6. ¿Por qué la Ingeniería en Rehabilitación y Asistencia? 7. Los exoesqueletos: qué son, tipos e implicaciones 8. Exoesqueleto: caso de estudio de la UIS 9. Metodología: ¿cómo se diseña y construye un exoesqueleto?
<p>Sesión 13: Sistema circulatorio I: Fundamentos teóricos</p>
<ul style="list-style-type: none"> 10. ¿Qué es? 11. ¿Qué lo conforma? 12. ¿Qué transporta? 13. Tipos de circulación 14. El corazón 15. Vasos sanguíneos 16. La sangre 17. Ciclo de flujo
<p>Sesión 14: Sistema circulatorio II: Aplicaciones</p>
<ul style="list-style-type: none"> 1. Bioingeniería cardíaca 2. El marcapasos 3. Sistema de Circulación Extracorpórea 4. Dispositivo de Asistencia Ventricular 5. Corazón artificial total
<p>Sesión 15: Biomimética</p>
<ul style="list-style-type: none"> 1. Importancia de la biomimética 2. Definición y características 3. Algunos casos de estudio 4. Biomimética en Colombia 5. Biomimética y Diseño: una metodología 6. Janine Benyus: unas palabras de su mayor divulgadora 7. Biomimética y conciencia ambiental
<p>Sesión 16: Bioinformática</p>

1. Definición e implicaciones
2. Genómica
3. Modelamiento celular
4. Modelamiento fisiológico
5. Importancia de la simulación computacional
6. Algunos casos de estudio y posibilidades de investigación actuales

1.4.2 Definición de roles y responsabilidades

- **Directores:** Dan guía y consejo para el correcto desarrollo del Seminario. Aunque no tienen participación directa en las sesiones, su papel es importante ya que orientan la investigación que debe hacerse para la apropiada preparación de éstas.
- **Ponente:** Representa el rol principal en cada sesión. Es el encargado de realizar la exposición del tema.
- **Moderador:** Se encarga de hacer ver el hilo conductor del Seminario sesión a sesión, cómo éstas se enlazan y el porqué de su orden, rememorando rápidamente al inicio de cada una de ellas lo que hasta el momento se haya tratado. A su vez, mantiene un orden mientras se realizan las preguntas, dando la palabra a cada persona que desee aportar a la dinámica de la sesión. El objetivo del moderador es lograr responder la mayor cantidad posible de preguntas del público, ya sea que lo haga él mismo, o le dé la palabra al ponente o a algún invitado. También es el encargado de darle fin a la ronda de preguntas y de señalar las conclusiones más importantes de la sesión.
- **Asesor:** Se encarga de tomar la asistencia de la sesión y de instruir a los asistentes sobre cómo llenar las encuestas, en caso de que se realicen.

Posteriormente se dedica a tomar un registro físico de la sesión en forma de acta, las cuales fueron la base con la que se escribió el presente libro.

1.4.3 Desempeño de roles: cómo se organizó el Seminario. Se consideró apropiado distribuir los roles con base en los gustos y habilidades propias de cada uno de los integrantes del grupo de trabajo. Así, puede darse el caso de que la misma persona adquiera el rol de Ponente en dos sesiones consecutivas, como también que se responsabilice de este rol en más de 5 ocasiones (como ocurre en el caso de Jorge Mantilla). Esto no para sobrecargar a alguien y aliviar el trabajo de los demás –ya que, como puede apreciarse en las secciones tituladas “Complementos a las sesiones”, del capítulo 2 (“Ejecución”), y en el capítulo 3 (“Resultados”), fueron varias las actividades concomitantes del Seminario pero llevadas a cabo fuera del marco de las sesiones; actividades realizadas entonces por los demás encargados del proyecto.

El caso de la primera sesión es especial: todos, incluido el director del Seminario, se responsabilizaron de todos los roles, ya que al ser la sesión de apertura fue imprescindible que los asistentes conocieran de primera mano a los participantes y encargados de la Dirección. En la tabla 2 se presenta la distribución de roles.

Tabla 2. Distribución de roles a lo largo del Seminario

	Sesión	Ponente	Moderador	Asesor
1	Introducción al Seminario	Todos (incluido el Director)	Todos (incluido el Director)	Todos (incluido el Director)
2	Bioingeniería: una mirada propedéutica	Martín Peña	Jorge Mantilla	Daniela Cala

3	Estado actual de la bioingeniería	Jorge Mantilla	Martín Peña	Daniela Cala
4	¿Qué es la enfermedad de Hansen?	Daniela Cala	Martín Peña	Jorge Mantilla
5	Pacientes Hansen y marginación social	Martín Peña	Daniela Cala	Jorge Mantilla
6	Una mirada cercana a la enfermedad de Hansen	Daniela Cala	Martín Peña	Jorge Mantilla
7	¿Qué se puede hacer para ayudar?	Martín Peña	Daniela Cala	Jorge Mantilla
8	Huesos, músculos y articulaciones	Jorge Mantilla	Martín Peña	Daniela Cala
9	Dinámica del cuerpo humano	Jorge Mantilla	Martín Peña	Daniela Cala
10	Biomateriales	Martín Peña	Jorge Mantilla	Daniela Cala
11	Biónica	Jorge Mantilla	Martín Peña	Daniela Cala
12	Ingeniería de Rehabilitación	Daniela Cala	Jorge Mantilla	Martín Peña
13	Sistema circulatorio I: Fundamentos teóricos	Jorge Mantilla	Martín Peña	Daniela Cala
14	Sistema circulatorio II: Aplicaciones	Jorge Mantilla	Martín Peña	Daniela Cala

15	Biomimética	Daniela Cala	Martín Peña	Jorge Mantilla
16	Bioinformática	Martín Peña	Daniela Cala	Jorge Mantilla

1.4.4 Estructura de las sesiones. Cada sesión, exceptuando la de *Introducción al Seminario*, se estructura, en términos generales, como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Estructura de las sesiones

Actividad	Descripción	Responsable
Apertura	Se inicia la sesión haciendo una pequeña rememoración de los temas tratados en la sesión anterior. En las sesiones correspondientes, se reparten una serie de encuestas, las cuales deben ser contestadas durante el transcurso de la sesión, que se usan como instrumento para saber la opinión de los asistentes sobre el desarrollo de ésta.	Moderador
Introducción	Se introduce el tema a tratar durante la sesión, de qué se va a hablar y cómo va a hacerse. Además, se aclaran aspectos fundamentales que se tocarán durante el desarrollo y se plantean ejemplos sencillos de la incidencia del tema en el diario vivir.	Ponente


Ponencia	Ya adentrados en el tema principal, éste se expone de forma ordenada y entendible, de manera que se puedan tocar todos los temas programados en la agenda del día.	Ponente
Discusión	Terminada la ponencia, el moderador vuelve a escena para inducir a la discusión. En esta se tiene un intercambio recíproco de conocimiento con el público, donde los asistentes tendrán la oportunidad de aclarar sus dudas mediante preguntas a los responsables del Seminario, que podrán ser respondidas por cualquier persona (ya sea asistente, Moderador o Ponente).	Moderador
Conclusión	El moderador da por terminada la Discusión y se dispone a sintetizar el contenido tratado. Se recogen las encuestas (en las sesiones que correspondan), en las que los asistentes evalúan el desempeño de la sesión. Ésta se da por terminada.	Moderador

1.4.5 Evaluación de las sesiones: Actas. Es imprescindible evaluar cómo se dieron las sesiones, sacar conclusiones de éstas y establecer si alcanzaron, cada una a su manera, la meta planteada. De no ser así sería imposible, primero, llevar un registro del cumplimiento del Seminario; segundo, conocer la respuesta del público hacia el tema presentado; y tercero, propiciar, mediante un ejercicio de retroalimentación que alimente el debate, el aprendizaje de los Realizadores y la medición del desempeño de éstos en cada sesión, si se logró o no lo planteado.


De esta manera se garantiza la mejora continua y el desarrollo de las habilidades específicas de la investigación científica y la enseñanza. A todo esto apuntan las

Actas. En la figura 1 se muestra el formato usado para tal fin, y en el anexo B pueden apreciarse todas las actas del Seminario.

Figura 1. Formato usado en las Actas



ESCUELA DE INGENIERÍA
MECÁNICA



Universidad
Tecnológica de
Santander

SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN EN
BIOINGENIERÍA: BIOMECÁNICA Y SOCIEDAD

ACTA No.

SESIÓN

FECHA:

HORA:

LUGAR:

- 1. Roles**
- 2. Orden del día**
- 3. Contenido y desarrollo**
- 4. Anotaciones y observaciones**
- 5. Conclusiones**

Firmas correspondientes (Directores y Realizadores)

1.4.6 Invitados especiales (Ponentes Invitados). Es difícil llevar a cabo una iniciativa como este proyecto sin tener amplios conocimientos y, sobre todo, sin contar con la debida experiencia, tanto en lo concerniente a la pedagogía y enseñanza, como en cuanto a la bioingeniería misma se refiere.

Así, se contó con 11 Ponentes Invitados, quienes, en apoyo al Ponente en cada una de las sesiones en las que hicieron presencia, presentaron al público sus

conocimientos y experiencias en torno a su especialidad propia. En la tabla 4 se muestra el título de la ponencia de cada uno de ellos, mientras que en la tabla 5 puede apreciarse en qué sesión tuvo participación cada Ponente Invitado.

Tabla 4. Invitados y los títulos de sus ponencias

Invitado(s)	Título de la ponencia
Leonardo Rodríguez Salazar, Ingeniero Electrónico, Jefe del Grupo de Investigación y Desarrollo de la FCV	Aplicación de la bioingeniería. Caso de éxito: dispositivo electroestimulador del nervio vago, RAVANS
Pedro Pablo Rincón, Psicólogo Social	"Hansen": del Estigma a la Felicidad
Olinto Mieles Burgos, Bacteriólogo, Sanatorio de Contratación E.S.E.	Mi experiencia profesional en torno a la enfermedad de Hansen
Julián Cepeda Torres, paciente Hansen	Mi experiencia alrededor de la lepra
Rafael Valencia, paciente Hansen	Mi experiencia alrededor de la lepra
José Gabriel Jaimes, Médico Veterinario, Gerente de Quirúrgicos Especializados S.A.	Experiencias de emprendimiento empresarial en una empresa de dispositivos biomédicos
Alberth Calvache Jaramillo, Ingeniero Mecánico	Desarrollo de una prótesis mioeléctrica de bajo costo con proyección empresarial
Johan Enrique Gallo, estudiante de último semestre de Ingeniería Mecánica	Diseño de un exoesqueleto mioeléctrico para brazo
Óliver Fabián Tamayo, estudiante de último semestre de Ingeniería Mecánica	
Hans García, Ingeniero Electrónico	
Andrés González Estrada, PhD. Ingeniería Mecánica, Director del grupo de investigación GIEMA	Mecánica computacional en bioingeniería

Tabla 5. Sesiones con Ponente Invitado

Sesión	Invitado(s)
Sesión 3: <i>Estado actual de la bioingeniería</i>	Ing. Leonardo Rodríguez Salazar
Sesión 5: <i>Pacientes Hansen y marginación social</i>	Pedro Pablo Rincón
Sesión 6: <i>Una mirada cercana a la enfermedad de Hansen</i>	Dr. Olinto Mieles Burgos Julián Cepeda Torres Rafael Valencia
Sesión 10: <i>Biomateriales</i>	Dr. (veterinario) José Gabriel Jaimes
Sesión 11: <i>Biónica</i>	Alberth Calvache Jaramillo
Sesión 12: <i>Ingeniería de Rehabilitación</i>	Johan Enrique Gallo Óliver Fabián Tamayo Hans García
Sesión 16: <i>Bioinformática</i>	PhD. Andrés González Estrada

1.4.7 Recursos. Para el desarrollo del Seminario se usaron presentaciones en MS Power Point con videos de apoyo (en la figura 2 se muestra el formato usado para ellas, tomando como ejemplo la sesión 4), *videobeam* para proyectarlas y sistema de sonido.

En lo que se refiere a la publicidad, ésta se hizo únicamente por redes sociales – creando para tal fin una página en Facebook llamada “Seminario en Bioingeniería”, en la que se invitaba a las sesiones o se ponía información sobre “actividades extracurriculares” que se llevarían a cabo– y mediante correo electrónico con las personas que iban inscribiéndose (en la figura 3 puede verse la publicidad usada para la sesión 4. En el anexo C se muestran las imágenes con las que se invitaba a cada una de las sesiones).

A su vez, se realizaron encuestas, tanto a los asistentes –en las sesiones 2 y 16 (principio y final del Seminario)–, como a los profesionales de la salud e ingeniería para determinar, desde su perspectiva, el estado actual de la bioingeniería en la región santandereana (para más información al respecto, véanse las secciones 3.4 y 3.7, y los anexos D, “Formulario de aplicación de la encuesta inicial a los asistentes”; E, “Formulario de aplicación de la encuesta final a los asistentes”; F, “Formulario de aplicación de la encuesta a los profesionales de la Salud y la Ingeniería”).

También se llevaron a cabo salidas de investigación al municipio de Contratación, Santander, para establecer las condiciones y necesidades de su Sanatorio. Esto, junto a reuniones realizadas entre los implicados del proyecto (Realizadores y Directores) y representantes de diversas disciplinas de la UIS, de la Dirección de ésta y del Sanatorio de Contratación E.S.E., con el fin de hacer un acercamiento entre estas dos entidades para trabajar en torno a la enfermedad de Hansen (para más información al respecto, véase la sección 3.6, “Acercamiento entre la UIS y el Sanatorio de Contratación E.S.E.”).

Por último, se contó con lugares apropiados (en cuanto al aforo) donde realizar las sesiones: el Auditorio Menor y el Auditorio Ágora de Ciencias Humanas; el Auditorio Sergio Gamboa y el Aula de Demostraciones Físicas de Ciencias Exactas; y el salón 205 de Ingeniería Mecánica.

Figura 2. Formato de las diapositivas (sesión 4)



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL
DE SANTANDER



ESCUELA DE INGENIERÍA
MECÁNICA



SESIÓN 4:

ROLES:

Moderador: Martín Kevin Alberto Peña Solano

Ponentes: María Daniela Cala Traslaviña

Martín Kevin Alberto Peña Solano

Asesor: Jorge Andrés Mantilla Ríos

Director: Diego Fernando Villegas Bermúdez, PhD.

Codirectora: Luisa Fernanda Ruiz Jiménez, MSc(c).

VIERNES 15 DE SEPTIEMBRE • 10 AM
AUDITORIO SERGIO GAMBOA
EDIFICIO CAMILO TORRES
PRIMER PISO

¿QUÉ ES LA
LEPROA?

¿AÚN EXISTE?

SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN EN BIOINGENIERÍA:
BIOMECAÁNICA Y SOCIEDAD

Separatio leprosarum



Fig. 1 Enfermos de lepra en la edad media
Fuente: Lepra. Imágenes y conceptos

- La superstición y las creencias divinas definían el trato de los enfermos.
- Eran temidos, odiados, despreciados y rechazados. **Estaban muertos en vida.**

Figura 3. Publicidad de las sesiones (sesión 4)



VIERNES 15 DE SEPTIEMBRE • 10 AM
AUDITORIO SERGIO GAMBOA
EDIFICIO CAMILO TORRES
PRIMER PISO

¿QUÉ ES LA
LEPRA?

¿AÚN EXISTE?

SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN EN BIOINGENIERÍA:
BIOIMECÁNICA Y SOCIEDAD

2. EJECUCIÓN DEL SEMINARIO

Así las cosas, se pretende mostrar cómo se ejecutaron las sesiones, tratando únicamente los hechos más relevantes de cada una de ellas, de tal manera que se tenga una mirada global al respecto. No obstante, si el lector lo desea, los aspectos teóricos específicos, tratados durante las sesiones, se presentan en el anexo A, “Memorias del Seminario de Investigación en Bioingeniería: Biomecánica y sociedad”. De igual forma, se abordan las actividades que, aunque llevadas a cabo en el marco del Seminario, no fueron realizadas en el espacio de las sesiones, sino a modo de “actividades extracurriculares”, con repercusión directa en los objetivos anteriormente expuestos, como podrá constatarse en el capítulo 3 (“Resultados”). Además, las observaciones y conclusiones adquiridas en cada sesión pueden verse en el anexo B, donde se presentan las Actas de todas las sesiones.

2.1 FASE I: INTRODUCCIÓN A LA BIOINGENIERÍA

El fin de esta primera fase, conformada por las sesiones 1, 2 y 3, fue establecer el marco general de la bioingeniería: qué es, sus implicaciones e importancia práctica, las ramas de estudio que la componen, su estado actual y sus posibles desarrollos a futuro. Entonces, la intención era ubicar a los asistentes, primero en el mundo del Seminario de Investigación en Bioingeniería: Biomecánica y Sociedad, lo que se hizo en la primera sesión, y luego en las significaciones correspondientes a esta área del conocimiento.

2.1.1 Sesión 1: *Introducción al Seminario.* Se presentaron a los asistentes las motivaciones detrás del proyecto, por qué y para qué llevarlo a cabo, al igual que los objetivos que se perseguían, los temas a tratar, las problemáticas sociales a abordar y la metodología a realizar, concentrándose principalmente en el eje central: la lepra, por qué hablar de ella y cómo los estudiantes de la UIS pueden aportar su granito de arena para que todos aquellos que la han padecido puedan vivir mejor. En la figura 4 se puede apreciar el desarrollo de esta sesión.

Figura 4. Sesión 1: *Introducción al Seminario*



2.1.2 Sesión 2: *Bioingeniería: una mirada propedéutica.* Primera sesión con roles bien definidos (véase la tabla 2), a cargo completamente de los Realizadores. La idea era sentar las bases teóricas de lo que se iba a tratar a lo largo del Seminario, es decir abordar la temática de la bioingeniería desde una mirada general para iniciar su estudio más específico sesión a sesión.

Se mostró la importancia que tiene la ingeniería a la hora de hablar de salud: sin ella muchos procedimientos y logros médicos serían imposibles. De esta manera, se les enfatizó a los asistentes la multidisciplinariedad propia y necesaria de esta área para motivarlos a un trabajo mancomunado. No obstante, todo tiene sus

límites: cuando se implementan mejoras ingenieriles a la medicina se corre el riesgo de olvidar la dignidad intrínseca de cada ser humano. Por esto, y para finalizar la sesión, se trató la *bioética*, recordando que el ser humano es lo más importante que existe, que debe verse siempre como un fin en sí mismo, mas no como un medio para algo (como ocurrió con el holocausto judío durante la segunda guerra mundial)³; de ahí que en el título del proyecto se incluya la palabra *Sociedad*: ése es, y siempre debe ser, el fin de la bioingeniería. En la figura 5 se puede apreciar el desarrollo de esta sesión.

Figura 5. Sesión 2: *Bioingeniería: una mirada propedéutica*



2.1.3 Sesión 3: *Estado actual de la bioingeniería.* Esta fue la primera sesión con Ponente Invitado.

Se intentó determinar las condiciones y características actuales de la bioingeniería, tanto en aspectos tecnológicos propiamente dichos como académicos, y en los niveles global, nacional y local (Bucaramanga y departamento de Santander),

³ PEDROSO FLAQUET, Plácido. Investigación biomédica en seres humanos. En: Revista Cubana de Higiene y Epidemiología. 2001, vol.39, no.3, p. 183-191.

haciendo énfasis en cómo llegó la bioingeniería a Colombia, su avance a través de los años y qué se hace hoy por hoy en la ciudad de Bucaramanga; esto para intentar vencer el subjetivo paradigma social de que “todo lo bueno se hace en el exterior”.

Para tal fin, se contó con el apoyo del Ing. Leonardo Rodríguez Salazar (véase la figura 6), Jefe del Grupo de Investigación y Desarrollo de la Fundación Cardiovascular (FCV) –quien ha colaborado en la construcción de 17 prototipos biomédicos⁴–, que habló de la labor de esta entidad y los avances bioingenieriles que se han logrado en el departamento, presentando a los asistentes una de las patentes que se le ha otorgado a la Fundación –desarrollada en conjunto con el Hospital General de Massachusetts (MGH, por sus siglas en inglés)–: un estimulador eléctrico del nervio vago con posibles aplicaciones para la reducción del dolor y el estrés, denominado *Ravans*⁵. De esta manera se hizo notar la relevancia de la FCV a nivel nacional e, incluso, a nivel internacional. En la figura 7 se puede apreciar el desarrollo de esta sesión.

⁴ COLCIENCIAS-CvLAC. Hoja de vida Leonardo Andrés Rodríguez Salazar. [En línea]. (Recuperado en 20 enero 2018). Disponible en http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000736848

⁵ *Ibíd.*

Figura 6. Ingeniero Leonardo Rodríguez Salazar (extremo derecho), Jefe del Grupo de Investigación y Desarrollo de la Fundación Cardiovascular (FCV), junto a los Realizadores



Figura 7. Sesión 3: *Estado actual de la bioingeniería*



2.1.4 Complementos a las sesiones: Fase I. En esta primera fase del Seminario se llevaron a cabo dos encuestas: la primera de ellas se le realizó a los asistentes, recolectando una muestra de 86 personas, en el marco de la sesión 2, para determinar si han recibido algún tipo de formación en bioingeniería e investigación a lo largo de sus estudios profesionales, saber su percepción y conocimientos sobre la enfermedad de Hansen y, por supuesto, conocer sus expectativas alrededor del Seminario, lo que de él esperaban. La segunda encuesta, realizada a 74 personas, tenía como objetivo determinar el estado actual de la bioingeniería desde la perspectiva de los profesionales de la salud y la ingeniería. Ambas, en lo que se refiere a las preguntas realizadas, se pueden apreciar en el anexo D, la de los asistentes, y en el anexo F, la de los profesionales de la salud y la ingeniería. En las secciones 3.4 y 3.7 se habla más al respecto.

2.2 FASE II: LA ENFERMEDAD DE HANSEN

Luego de establecer las generalidades, tanto del Seminario (sesión 1) como de la bioingeniería (sesiones 2 y 3), se trató la temática central y más importante: *la lepra o enfermedad de Hansen*. Así, este grupo de cuatro sesiones estuvo dedicado exclusivamente a tal fin, empezando desde los aspectos médico-científicos de la enfermedad, pasando por la fuerte e histórica carga psicosocial que conlleva –para lo cual se pudo contar con la participación de personas que han vivido y convivido con ella–, y terminando con una breve descripción de algunas de las cosas que desde la Academia se podrían hacer para ayudar a todas aquellas personas que han caído en el infortunio (por todas las cosas que implica) de padecerla.

2.2.1 Sesión 4: ¿Qué es la enfermedad de Hansen? La lepra es un tema complejo de tratar, no tanto por su dificultad inherente, sino por todas las consideraciones previas que de ella se manejan. Por tanto, esta sesión pretendía, mediante la exposición de sus características médico-científicas, derribar, antes que nada, el principal prejuicio que se tiene, a saber: que es un padecimiento muy contagioso; lo cual se hizo con una presentación muy detallada de las condiciones que se deben dar para que la enfermedad se incube en el organismo, junto con las características de inmunidad que éste debe presentar para tal caso (para más información sobre este tema, el insignia del Seminario, véase el anexo A, “Memorias del Seminario de Investigación en Bioingeniería: Biomecánica y sociedad”, capítulo 4). Todo esto con miras a erradicar la mitificación que rodea la enfermedad y, por extensión, intentar reducir el miedo, normal de por sí, que los asistentes tenían hacia ésta antes de la sesión. En la figura 8 se puede apreciar el desarrollo de esta sesión.

Figura 8. Sesión 4: ¿Qué es la enfermedad de Hansen?



2.2.2 Sesión 5: *Pacientes Hansen y marginación social.* Segunda sesión con Ponente Invitado.

Luego de tratados los aspectos médico-científicos de la enfermedad, era necesario hablar de las implicaciones sociales y humanas que giran alrededor de la lepra (todo lo cual se expone en el capítulo 3 del anexo A, “Memorias del Seminario de Investigación en Bioingeniería: Biomecánica y sociedad”). Éste fue precisamente el objetivo de esta sesión: exponer todos los mitos y prejuicios que marcan este problema de salud desde el inicio de los tiempos, todo lo cual conlleva al maltrato psicosocial de quienes han sufrido sus ominosas consecuencias.

Entonces, se abordó toda la problemática del estigma y la discriminación que a lo largo de la historia han sufrido los enfermos de Hansen, cómo surgieron los “lazaretos” y cuáles eran sus fines últimos, y el viacrucis que estas personas vivieron, expulsadas de sus tierras por los “sanos”, hasta fundar poblaciones exclusivas para leprosos, hoy ya establecidas como municipios (a saber, Contratación, Santander y Agua de Dios, Cundinamarca).

En este sentido fue muy valiosa la intervención del Comunicador y Psicólogo Social, Pedro Pablo Rincón (quien se observa en la figura 9 mientras hace su presentación), ya que desde su especialidad (aunado al hecho de que, como familiar de enfermo de Hansen ha vivido personalmente el estigma que se extiende incluso por el árbol genealógico del que padeció la enfermedad) el tema se pudo abordar de manera profunda y sentida, mostrando cuán hondo puede ser el dolor, tanto físico como psicológico, que los pacientes de Hansen, y su círculo más cercano, llegan a padecer.

Figura 9. Ponente invitado Pedro Pablo Rincón, Psicólogo Social, en su intervención durante la sesión 5: *Pacientes Hansen y marginación social*



2.2.3 Sesión 6: *Una mirada cercana a la enfermedad de Hansen.* Esta fue una de las dos sesiones más importantes del Seminario, ya que se contó con la participación de tres Ponentes Invitados muy especiales: el Dr. Olinto Miele (véase la figura 10), bacteriólogo del Sanatorio de Contratación E.S.E.; Don Julián Cepeda Torres, paciente de Hansen que vivió toda la historia ominosa de la enfermedad desde el último cuarto del siglo pasado; y Rafael Valencia, paciente de Hansen diagnosticado hace relativamente poco tiempo, quien fue excluido por su familia a causa de la enfermedad.

La enfermedad de Hansen no puede apreciarse ni entenderse en todas sus implicaciones sin la expresión directa de aquellos que han sufrido sus consecuencias, físicas y psicosociales. Esta sesión buscaba precisamente eso: acercar a los asistentes al drama humano que ha marcado la vida de estas personas y, sobre todo, que pudieran ver más allá y apreciar las formas en las que se han superado, con las que han podido recuperar su dignidad y valor como lo que son: seres humanos como cualquier otro. Objetivo que se cumplió con creces, gracias a

la participación de los invitados, empezando por el Dr. Olinto quien abordó la enfermedad desde su experiencia al diagnosticarla y tratarla, tanto en el Sanatorio de Contratación E.S.E. como en las brigadas de búsqueda –campañas que se llevan a cabo a nivel nacional, y en las que el departamento de Santander se destaca, para la detección temprana y tratamiento oportuno de la enfermedad– que realiza a nivel nacional. A su vez, habló de la importancia de la inclusión social en el tratamiento de estas personas. Luego, Rafael Valencia contó su desgarradora experiencia (véase la figura 11), haciendo notar la desinformación y desconocimiento general que existe sobre la lepra, incluso entre quienes están llamados a conocerla, diagnosticarla y tratarla, como son los médicos, ninguno de los cuales –y fueron muchos– pudo acertar en decirle que la padecía. La participación de Don Julián Cepeda fue especial: un auténtico personaje que se refugió en el arte y la cultura para soportar y vencer una vida supuestamente destinada a la minusvalía total: mostró cuán grande puede ser el espíritu humano para superar la más grande adversidad, tocando la organeta pese a sus discapacidades físicas (véase la figura 12).

Figura 10. Dr. Olinto Mieles Burgos (segundo de derecha a izquierda), bacteriólogo del Sanatorio de Contratación E.S.E., junto a los Realizadores



Figura 11. Ponente invitado Rafael Valencia, paciente del Sanatorio de Contratación E.S.E



Figura 12. Don Julián Cepeda Torres mientras espera su turno para interpretar una de sus composiciones en la sesión 6: *Una mirada cercana a la enfermedad de Hansen*



2.2.4 Sesión 7: ¿Qué se puede hacer para ayudar? Última de las cuatro sesiones dedicadas exclusivamente a la enfermedad de Hansen, y la segunda más importante del Seminario.

Ésta buscaba acercar aún más a los participantes a la realidad que viven las personas que han padecido, o padecen lepra, en uno de los sitios históricos en cuanto a la enfermedad se refiere (a saber, Contratación, Santander) y, de esta manera, pudieran observar de qué formas se les puede ayudar. Así, se habló, en primera instancia, de los derechos que tienen las personas con discapacidad, apoyándose en lo establecido por la Organización de las Naciones Unidas a este respecto⁶.

A su vez, y pensando en el marco global que la Organización Mundial de la Salud establece para alcanzar la meta de “un mundo sin lepra”, se trataron los retos y problemas que existen alrededor de la enfermedad, y sobre cómo podrían solventarse⁷. De esta manera, se llegó a la razón de ser de la sesión y del Seminario: *qué se puede hacer para ayudar a estas personas*, tomando como campo de estudio e investigación el municipio de Contratación, Santander. Entonces, mostrando algunas actividades del día a día de quienes están albergados allí, se presentaron posibles líneas de investigación y proyectos particulares que se podrían llevar a cabo por parte de los estudiantes, quizá de los mismos asistentes al Seminario, todo lo cual se presenta en la sección 3.5, “Líneas de investigación propuestas”. En la figura 13 se puede apreciar el desarrollo de esta sesión.

⁶ Organización de las Naciones Unidas. Convención sobre los derechos de las personas con discapacidad. Nueva York. 2006. 35 p.

⁷ Organización Mundial de la Salud. Estrategia mundial de eliminación de la lepra 2016-2020: Acelerar la acción hacia un mundo sin lepra. Biblioteca de la OMS/SEARO, 2016. 22 p.

Figura 13. Sesión 7: *¿Qué se puede hacer para ayudar?*



2.2.5 Complementos a las sesiones: Fase II. Se llevó a cabo una presentación especial, a modo de resumen de esta fase, dirigida al Semillero GIEMA: Biomecánica (véase la figura 14), con el fin de darle a conocer a sus integrantes las posibilidades de investigación en bioingeniería que existen alrededor de la enfermedad de Hansen, pensadas para ayudar a quienes la padecen; dos salidas de investigación al Sanatorio de Contratación E.S.E. –una con los asistentes y otra con profesores e investigadores UIS (para más información véase la sección 3.3.2, “Visita al Sanatorio de Contratación E.S.E”)– y el Acercamiento Interinstitucional entre la UIS y esta entidad –que se tuvo como meta desde antes del Seminario–, del cual se habla en la sección 3.6.

Figura 14. Presentación especial al Semillero GIEMA: Biomecánica



2.3 FASE III: FUNDAMENTOS TEÓRICO-PRÁCTICOS

Fase final y más amplia del Seminario, conformada por 9 sesiones. Hasta aquí, se construyeron los cimientos sobre los cuales se promovería la investigación y el desarrollo de proyectos: se trataron los aspectos globales y las características propias de la bioingeniería, todo lo que implica y a lo que hace referencia; de igual manera, se estudiaron todas las significaciones inherentes a la enfermedad de Hansen, lo que es, lo que se puede hacer para ayudar. Es decir, en este punto del Seminario los asistentes ya tenían conocimiento del problema (la lepra) y del contexto en el que se desenvuelve (la realidad colombiana y santandereana, aunado a la carga histórica de la enfermedad) y desde el que se puede hallar la solución (la bioingeniería). Pero, ¿cómo determinar esa solución? Aún faltaba algo crítico: la fundamentación teórico-práctica que hiciera posible pensar en soluciones prácticas; es decir, el conjunto de conocimientos científicos de la bioingeniería que permitieran la formulación de proyectos particulares con enfoque social.

Ese precisamente fue el objetivo de esta fase: presentarles a los asistentes los fundamentos científicos de algunas subáreas de la bioingeniería –junto con ejemplos de aplicaciones prácticas existentes– desde las cuales se les podría mejorar la vida a las personas, principalmente a quienes han padecido, o padecen la enfermedad de Hansen.

2.3.1 Sesión 8: Huesos, músculos y articulaciones. El primer sistema del cuerpo humano que decidió abordarse fue el osteomuscular, directa y mayormente afectado por la enfermedad de Hansen (para más información ver el anexo A, “Memorias del Seminario de Investigación en Bioingeniería: Biomecánica y sociedad”, capítulo 4). Se trataron los aspectos básicos del cuerpo humano, correspondientes a los huesos, músculos y el complejo articular, que son la esencia del equilibrio y la movilidad, concentrándose en sus características fisicoquímicas y fisiológicas (funciones específicas; propiedades mecánicas; adaptaciones sufridas según la carga aplicada; etc.) ya que es esto lo que se debe conocer a la hora de desarrollar cualquier equipo o dispositivo de rehabilitación motriz aplicable a los seres humanos. En la figura 15 se puede apreciar el desarrollo de esta sesión.




Además, dado el papel de transición entre lo correspondiente a la enfermedad de Hansen (fase II) y lo relativo a la fundamentación teórico-práctica de la bioingeniería (fase III), y teniendo en cuenta que uno de los fines del Seminario es la promoción de proyectos de investigación que mejoren la vida de las personas que han sufrido discapacidades de cualquier índole por culpa de la lepra; en fin, dado este papel crucial, también se habló, antes del tema central (lo dicho en el párrafo anterior) –y en relación directa con lo hablado en la sesión 7–, de las posibilidades de investigación que existen en torno a la enfermedad de Hansen, dándoles a los asistentes información sobre la metodología de investigación, sobre cómo llevar a cabo una idea de proyecto (se les presentó y entregó una copia del “Formulario para el tema de proyectos”, el cual se puede apreciar en la figura 16), y acerca de las diferentes opciones de proyecto de grado que avala la Universidad. De esta manera

los asistentes podrían considerar la idea de realizar su proyecto de grado en el área de la bioingeniería, enfocado en la enfermedad de Hansen.

Figura 15. Sesión 8: *Huesos, músculos y articulaciones*



Figura 16. Formulario para el tema de proyectos

 		SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN EN BIOINGENIERÍA; BIOMECÁNICA Y SOCIEDAD		
FORMULARIO PARA INSCRIPCIÓN DEL TEMA DE TRABAJO DE GRADO				
TÍTULO DEL TRABAJO:			FECHA	
			A	M
MODALIDAD:				
LÍNEA ESTRATÉGICA DE APOORTE AL DESARROLLO REGIONAL:				
AUTOR(ES)		CÓDIGO(S)	CARRERA(S)	
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA				
JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA				
OBJETIVO GENERAL				
DESCRIPCIÓN DE LOS ALCANCES DEL TRABAJO DE GRADO				
CONSTRUIMOS FUTURO 				

2.3.2 Sesión 9: *Dinámica del cuerpo humano.* Continuando con la base teórica del sistema osteomuscular, en esta sesión se abordaron las características del movimiento en el ser humano, partiendo desde el “centro de mando”, el sistema nervioso.

Así, se trataron los aspectos referentes a cómo se generan los impulsos que determinan la movilidad y por qué al verse éstos afectados se producen distintas parálisis, como por ejemplo la cuadriplejía. Además, la lepra se caracteriza por

anulaciones en las transmisiones nerviosas de las extremidades, por lo que se generan distintas discapacidades físicas características.

A su vez, se abordó también la coordinación y el equilibrio, el proceso necesario para que el cuerpo se conozca a sí mismo y pueda sustentarse por sí solo. Por último, se habló de la biomecánica de la mano, la marcha y la carrera, y lo que debe hacerse en caso de que una persona presente problemas al respecto. En la figura 17 se puede apreciar el desarrollo de esta sesión.

Figura 17. Sesión 9: *Dinámica del cuerpo humano*



2.3.3 Sesión 10: Biomateriales. Esta sesión hizo de puente entre la teoría y la práctica, principalmente en lo referente al sistema osteomuscular, pilar del Seminario, ya que muchos de los proyectos a realizar alrededor de la enfermedad de Hansen se encasillan en este campo.

No es posible crear un dispositivo o equipo biomédico sin usar materiales para ello, la gran mayoría de los cuales, mucho o poco, van a estar en contacto con tejido

biológico, por lo que es imprescindible conocer qué características especiales deben satisfacer aquellos materiales pensados para aplicaciones en medicina. Ese fue precisamente el objetivo de esta sesión: se trataron las generalidades de los biomateriales, las condiciones que éstos deben cumplir para una correcta interacción con el organismo, además de las propiedades específicas que deben tener para permitir y promover el funcionamiento normal del cuerpo, o de alguna de sus partes.

Se contó con el apoyo, como Ponente Invitado, del Dr. veterinario José Gabriel Jaimes (véase la figura 18), gerente de la empresa Quirúrgicos Especializados S.A., quien habló de su experiencia alrededor de la industria de implantes y dispositivos quirúrgicos, y cómo la empresa fue creciendo y evolucionando al respecto, desde el momento mismo de su creación. A su vez, hizo referencia a algunas investigaciones en biomateriales, llevadas a cabo por la Universidad Industrial de Santander.

Figura 18. Ponente Invitado Dr. Veterinario José Gabriel Jaimes, gerente de la empresa Quirúrgicos Especializados S.A., en su intervención durante la sesión 10: *Biomateriales*



2.3.4 Sesión 11: Biónica. Primera sesión práctica del sistema osteomuscular, dedicada a abordar todo lo referente a prótesis, haciendo énfasis en la metodología de diseño que se usaría si fuese a construirse una. Se habló entonces de las fases del proceso de diseño: la “identificación de la necesidad”, el “análisis patológico y traumatológico”, los “requerimientos”, las “restricciones” y, sobre todo, del “impacto social” que estos dispositivos llegan a generar, de la grandísima ayuda que brindan a quien lo necesita. En la figura 19 se puede apreciar el desarrollo de esta sesión.

Se trataron también los tipos de prótesis que existen –mecánicas y mioeléctricas–, junto con sus características propias –que definen el “alcance del proyecto”. Y, para darle fuerza a lo dicho, mediante la experiencia de alguien que ha trabajado al respecto, se contó con la participación del Alberth Calvache Jaramillo, ingeniero mecánico UIS, quien diseño y fabricó una “prótesis mioeléctrica de miembro superior” –RURSUS– como proyecto de grado⁸. Sin embargo, pese a ser su tesis para optar por el título de ingeniero mecánico, es un proyecto que decidió convertir en empresa. Así, apoyado por TecnoParque SENA, nodo Bucaramanga, estudió y modificó el diseño original para transformarlo en una idea de negocio. De esta manera, su participación en esta sesión fue sumamente importante, ya que le mostró a los asistentes que existen iniciativas en esta área, que se está trabajando al respecto; pero más importante aún, que se puede investigar y trabajar en esto, que existen instituciones que apoyan tales proyectos y que cualquiera puede hacerlo, y no solo en su estancia universitaria, sino incluso en cuanto a su proyecto de vida se refiere.

⁸ CALVACHE, Alberth Alexander; OVIEDO, Ángel Eduardo y BUENO, Ricardo. Diseño y construcción de una prótesis mioeléctrica de miembro superior para personas con amputación por debajo de codo. Trabajo de grado Ingeniero Mecánico e Ingeniero Electrónico. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingeniería Fisicomecánicas. Escuelas de Ingeniería Mecánica e Ingeniería Electrónica, 2017. 157 p.

Figura 19. Sesión 11: *Biónica*



2.3.5 Sesión 12: Ingeniería de Rehabilitación. Las aplicaciones que tiene la bioingeniería en el sistema osteomuscular van más allá de las prótesis. Si se desea ayudar a la mayor cantidad de personas que padecen de discapacidades, y no solo desde el punto de vista físico, sino también en el cognitivo y sensorial, hay que pensar en soluciones más versátiles y, en algunos casos, también más complejas –como es el caso, por ejemplo, del profesor Stephen Hawking, quien necesita todo un sistema de máquinas y dispositivos, no solo para seguir con vida, sino para tener aún un poco de independencia y libertad⁹.

Entonces, esta sesión tenía como objetivo presentarles a los asistentes una visión general de la Ingeniería de Rehabilitación, subárea en la que se ayuda a las personas desde dos frentes: primero, la rehabilitación, que se da cuando las dificultades que afectan la vida de las personas son *momentáneas, reversibles*; y segundo, la asistencia, que ocurre cuando la persona ya está *discapacitada*, cuando

⁹ Organización Mundial de la Salud. Informe mundial sobre la discapacidad. Suiza: Ediciones de la OMS, 2011. p. 3.

los problemas que presenta son *permanentes*. Para tal fin se presentaron algunos dispositivos y equipos existentes usados en cada frente, pensados para mejorar lo más posible la vida de sus usuarios, hablando principalmente de los exoesqueletos, sus características y versatilidad – ya que pueden ser usados en un amplio grupo de discapacidades, tanto para asistir como para rehabilitar.

Precisamente esto abordaron los invitados de esta sesión, Johan Enrique Gallo y Óliver Fabián Tamayo, estudiantes de último semestre de Ingeniería Mecánica, junto al ingeniero electrónico Hans García, uno de los directores de tesis. Ellos hablaron acerca de su proyecto de grado¹⁰, mostrando cada una de las etapas involucradas en el proceso –como la “identificación de la necesidad” y la formulación de la idea– y los distintos diseños obtenidos a medida que se avanzaba, haciendo énfasis en las dificultades que surgieron y en cómo las solucionaron. También hablaron del gran apoyo que provee el SENA –en este caso la Red TecnoParque, Nodo Manizales– a proyectos de investigación como estos (véase también la sección 2.3.4, “Sesión 11: *Biónica*”), para terminar invitando a los asistentes a involucrarse en proyectos de investigación que propendan por el bienestar de las personas.

En la figura 20 se puede apreciar el desarrollo de esta sesión, y en la figura 21 se puede ver a Johan y Óliver junto a los Realizadores.

¹⁰ GALLO, Johan Enrique y ÁVILA, Óliver Fabián. Diseño y construcción de un prototipo funcional de un exoesqueleto de brazo para pacientes con lesión en el plexo braquial. Trabajo de grado Ingeniero Mecánico. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingeniería Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica, en desarrollo.

Figura 20. Sesión 12: *Ingeniería de Rehabilitación*



Figura 21. Óliver Fabián Tamayo (extremo izquierdo) y Johan Enrique Gallo (interior izquierdo) junto a los Realizadores



2.3.6 Sesión 13: Sistema circulatorio I: Fundamentos teóricos. La siguiente subárea de la biomecánica que se trató fue el sistema circulatorio, una de las temáticas fuertemente trabajadas en el departamento de Santander, gracias a la Fundación Cardiovascular.

En esta sesión se habló de todos los aspectos esenciales del tema: qué es, qué lo conforma, qué finalidad tiene, y se profundizó en las características mecánicas de sus componentes: las propiedades que tiene la sangre, el fluido de transporte; la función y las características de los vasos sanguíneos, las tuberías del sistema; y principalmente, todo lo relacionado con el corazón, el centro del sistema y uno de los órganos más importantes del cuerpo, que se encarga de hacer mover la sangre por todo el organismo, haciendo las veces de motor y bomba: se enfatizó en sus características eléctricas y mecánicas, sobre cómo produce y transmite el impulso eléctrico que lo mueve, cuál es su ciclo de funcionamiento y cómo evoluciona la presión y el volumen en su interior a medida que fluye la sangre por él. Información de carácter obligatorio si se desean estudiar los dispositivos bioingenieriles que pueden aplicarse al respecto. En la figura 22 se observa el desarrollo de la sesión.

Figura 22. Sesión 13: *Sistema circulatorio I: Fundamentos teóricos*



2.3.7 Sesión 14: Sistema circulatorio II: Aplicaciones. Luego de analizados los fundamentos teóricos que definen el funcionamiento normal del sistema circulatorio, fue posible abordar lo correspondiente a cómo la bioingeniería puede aportar en esta área. Así, en esta sesión se trataron algunas disfunciones cardíacas que suelen aquejar a la población – más teniendo en cuenta que las enfermedades cardiovasculares constituyen una de las causas más importantes de discapacidad y muerte prematura en todo el mundo¹¹– y las respectivas soluciones que provee la bioingeniería. De esta manera, se discutió cómo el marcapasos se aplica a problemas de arritmia e insuficiencia cardíaca, presentando sus características físicas y de funcionamiento; pero sobre todo se habló de los equipos usados cuando la insuficiencia cardíaca es severa, el Sistema de Circulación Extracorpórea, el Dispositivo de Asistencia Ventricular y el Corazón Artificial Total, presentando la forma en la que cada uno de ellos busca solucionar este problema, y sus características de diseño propias. En la figura 23 se observa el desarrollo de la sesión.

Figura 23. Sesión 14: *Sistema circulatorio II: Aplicaciones*



¹¹ OMS. Prevención de las enfermedades cardiovasculares. [En línea]. Ginebra, Suiza: Ediciones de la OMS, 2008. (Recuperado en 23 enero 2018). Disponible en http://www.who.int/publications/list/PocketGL_spanish.pdf

2.3.8 Sesión 15: Biomimética. ¿Puede la Naturaleza enseñarle al ser humano a vivir mejor? Esta sesión fue pensada para ello: su objetivo era hacerles ver a los asistentes que la mayoría de respuestas a los problemas humanos yacen a nuestro alrededor, que la Naturaleza ya los solucionó hace mucho. De esta manera, se abordaron ejemplos prácticos en los que los diseños naturales sirvieron de guía y sustento para solventar problemáticas humanas, como es el caso del tren bala *Shinkansen* que se inspiró en tres aves: el Martín Pescador, el búho y el pingüino de Adelia¹².

A su vez, se habló de la puesta en escena de esta disciplina en Colombia, mostrando algunos casos exitosos llevados a cabo entre la Universidad EAFIT y la empresa Tecnologías Marte, de Javier Mauricio Betancur, y enfatizando en una metodología de diseño que la incluyera.

Pero en lo que se enfocó principalmente la sesión fue en concientizar a los asistentes sobre uno de los problemas, si no el más grave, que pone en riesgo la existencia de la humanidad: la contaminación y el calentamiento global, y sobre cómo la Biomimética puede contribuir a solucionar este problema (para más información al respecto, véase el capítulo 9 del anexo A, “Memorias del Seminario de Investigación en Bioingeniería: Biomecánica y Sociedad”). En la figura 24 se observa el desarrollo de esta sesión.

¹² 99PERCENTINVISIBLE. The world is poorly designed. But copying nature helps. Vox YouTube Channel. 2017. (Recuperado 27 enero 2018). Disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=iMtXqTmfta0&t=61s&index=8&list=LL3oZOlrserSzSqmvo3WJLhw>

Figura 24. Sesión 15: *Biomimética*



2.3.9 Sesión 16: Bioinformática. Sesión final del Seminario. Ya tratado todo lo relativo a los sistemas osteomuscular y circulatorio, y lo correspondiente a la fuente de inspiración que significa la Naturaleza, se consideró que faltaba algo: la simulación computacional, herramienta importante, y cada vez más imprescindible en cuanto al estudio, análisis y diseño de dispositivos, equipos o máquinas bioingenieriles: de hecho, al hablar de cualquier disciplina o especialidad. Lo que se quería era que los asistentes entendieran la complejidad inherente a cualquier sistema biológico, complejidad que hace imposible encontrar respuestas y soluciones a problemáticas en salud sin ayuda de un computador.

Se contó con el apoyo como Ponente Invitado de Andrés González Estrada, PhD. en Ingeniería Mecánica y de Materiales, profesor asociado de la Escuela de Ingeniería Mecánica y director del grupo de investigación GIEMA de la misma escuela (en la figura 25 se observa su intervención en esta sesión), quien habló, entre otras cosas, sobre lo que trabaja este grupo y las posibilidades de investigación que existen en la simulación computacional en bioingeniería, haciendo

énfasis en los proyectos en los que él mismo ha participado. A su vez, motivó a los estudiantes a proponer proyectos y realizarlos bajo la tutela del grupo de investigación GIEMA.

Figura 25. Sesión 16: *Bioinformática*



2.3.10 Complementos a las sesiones: Fase III. Como pudo apreciarse en la descripción de las sesiones de esta última fase del Seminario, un factor común en ellas fue hacer hincapié en la metodología de diseño, en el paso a paso necesario para la consecución de un proyecto de investigación. De ahí que, se les haya entregado a los asistentes, en la sesión 8: *Huesos, músculos y articulaciones*, un formato para la formulación de un proyecto (Figura 16).

A su vez, se llevó a cabo una salida técnica de investigación al Centro Tecnológico Empresarial de la Fundación Cardiovascular, en la que los asistentes al Seminario pudieron observar de primera mano algunas de las investigaciones en las que ha trabajado esta institución, y constatar así cómo la bioingeniería puede aportar desde distintas áreas, ya que el equipo de trabajo de esta entidad lo conforman profesionales de diversas disciplinas, como la ingeniería mecánica, el diseño industrial o la ingeniería electrónica (en la sección 3.3.1, “Visita al Centro

Tecnológico Empresarial de la Fundación Cardiovascular”, se profundiza más al respecto).

Además, teniendo en cuenta que en Santander existe una de las instituciones de salud cardiaca más importantes del país¹³, y con gran relevancia a nivel internacional, se pensó contar con las impresiones del Dr. Leonardo Salazar, de la Fundación Cardiovascular, cuyo grupo de trabajo implantó el primer dispositivo de asistencia ventricular en Colombia, y el primero en un menor de edad a nivel de Latinoamérica¹⁴. De esta manera, y para dar cumplimiento al tercer objetivo específico planteado, se llevó a cabo una entrevista con el Dr. Salazar (véase la figura 26), en la que se discutieron temas como las funciones que realiza el equipo de trabajo ECMO, el procedimiento para implantar el primer corazón artificial y las características de este dispositivo. La entrevista completa se presenta en el anexo G, “Entrevista al Dr. Leonardo Salazar”.

Figura 26. Entrevista con el Dr. Leonardo Salazar, Coordinador Médico del grupo de ECMO y VAD en Fundación Cardiovascular de Colombia



¹³ EL ESPECTADOR. Veinte hospitales colombianos entre los mejores de Latinoamérica. [En línea]. (Recuperado en 30 enero 2018). Disponible en <https://www.elespectador.com/noticias/salud/veinte-hospitales-colombianos-entre-los-mejores-de-latinoamerica-articulo-723650>

¹⁴ FIGUEREDO, Antonio; SALAZAR, Leonardo; et al. Reporte del primer caso de implante exitoso de asistencia ventricular izquierda HeartMate II como terapia de destino en Suramérica. En: Revista Colombiana de Cardiología. Noviembre-Diciembre, 2016, Vol. 23, no. 6. p. 552.e1-552.e7.

3. RESULTADOS


A continuación se presentan, a modo de resultados, los entregables últimos del Seminario de Investigación en Bioingeniería, algunos concretos –como el conjunto de diapositivas o el “Libro síntesis de la información presentada”–, otros “abstractos” –como los análisis de las encuestas realizadas a los asistentes al inicio y final del Seminario, o lo relacionado con el Convenio y las salidas de investigación–, pero que, de una o de otra manera, contribuyen a cumplir los objetivos planteados para el presente proyecto (véase la sección 1.3, “Objetivos”).

3.1 SOBRE LOS RECURSOS BIBLIOGRÁFICOS USADOS EN Y PARA EL SEMINARIO

Como ya se dijo (sección 1.4.7, “Recursos”), cada sesión se realizó con apoyo de diapositivas creadas por los Realizadores. Pensando en que los asistentes tuvieran la oportunidad de tener esa información a la mano fácil y rápidamente, se creó un curso en la plataforma *moodle* de la Universidad, titulado “Bioingeniería: Biomecánica y Sociedad”, en el que se subió cada una de estas presentaciones, junto a algunos documentos usados para prepararlas (en la figura 27 se muestra el diseño del curso y el tipo de información que contiene, usando como ejemplo la sesión 5).

Figura 27. Curso en moodle: “Bioingeniería: Biomecánica y Sociedad”

Sesión 1: Introducción	Sesión 2: Una mirada propedéutica	Sesión 3: Estado actual de la bioingeniería
Sesión 4: ¿Qué es la enfermedad de Hansen?	Sesión 5: Pacientes Hansen y marginación social	
Sesión 6: Una mirada cercana a la enfermedad de Hansen	Sesión 7: ¿Qué se puede hacer para ayudar?	
Sesión 8: Huesos, músculos y articulaciones	Sesión 9: Dinámica del cuerpo Humano	Sesión 10: Biomateriales
	Sesión 11: Biónica	
Sesión 12: Ingeniería de Rehabilitación	Sesión 13: Sistema circulatorio I: Fundamentos teóricos	
Sesión 14: Sistema circulatorio II: Aplicaciones	Sesión 15: Biomimética	Sesión 16: Bioinformática




QUINTA SESIÓN

**PACIENTES HANSEN
Y MARGINACIÓN
SOCIAL**

VIERNES 22 DE SEPTIEMBRE 10 a.m.
AUDITORIO SERGIO GAMBOA
EDIFICIO CAMILO TORRES
PRIMER PISO

INTERVENCIÓN DE:
PEDRO PABLO RINCÓN
COMUNICADOR Y PSICÓLOGO SOCIAL



Su progreso

- "La soledad de Emilio" (Parte 1)
37.7MB video/mp4
- Video Introductorio (Parte 1)
- "La soledad de Emilio" (Parte 2)
33.9MB video/mp4
- Video Introductorio (Parte 2)
- Diapositivas del invitado
8.7MB presentación Powerpoint
- Documental: "Tras marginación"

Este documental (que no pudo subirse por su gran tamaño) ilustra de manera magistral la historia de vida -y todas las vicisitudes- de los pacientes de Hansen, representados aquí en dos personas: Don Julián Cepeda Torres y Don Emilio Rueda Dulcey, ilustres personajes de Contratación, Santander.

Mucho de lo que se dijo en la sesión puede apreciarse con claridad en este video, contado desde la perspectiva de aquellas desdichados históricos que han padecido la enfermedad, quienes aún tienen la esperanza de mejorar y reponerse más fácilmente de la enfermedad, siempre y cuando podamos como sociedad vencer el absurdo estigma que aún les tenemos.

Este documental es una clara muestra de que, primero, estas personas pueden llegar a ser verdaderamente felices y, segundo, que cualquiera de nosotros puede aportar para que esto sea posible.

3.2 “MEMORIAS DEL SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN EN BIOINGENIERÍA: BIOMECÁNICA Y SOCIEDAD”

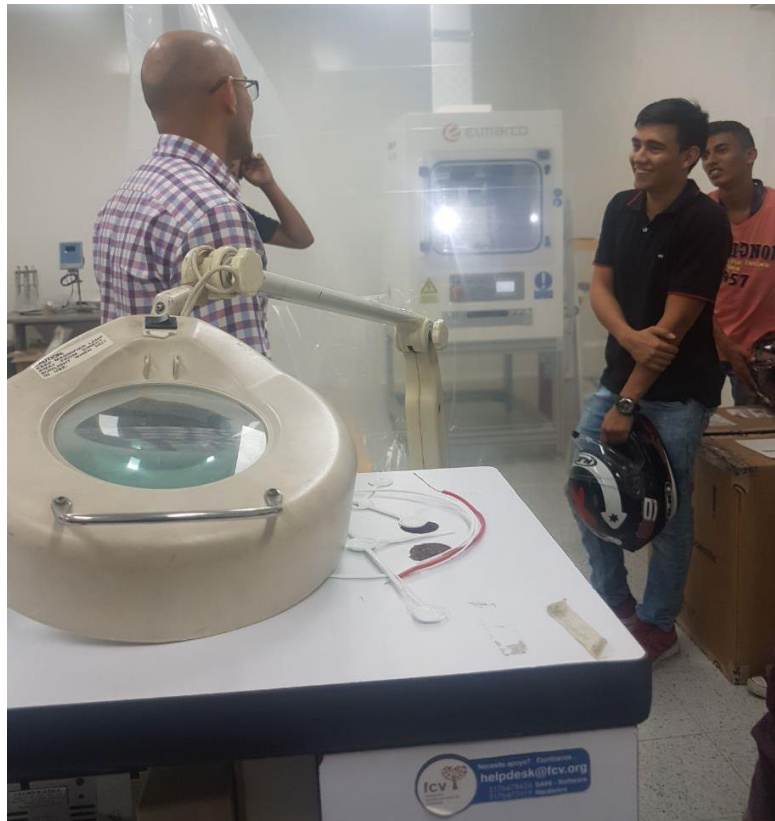
Para que la información tratada a lo largo del Seminario perdure y tenga utilidad práctica, no solo para los asistentes, sino incluso también para servir de guía a asignaturas que aborden el área de la bioingeniería y, en últimas, para tener un *recurso escrito* de lo dicho a lo largo del Seminario –y así dar cumplimiento al primer objetivo específico–, se preparó el libro “Memorias del Seminario de Investigación en Bioingeniería: Biomecánica y Sociedad”, dividido en 10 capítulos, ordenados siguiendo lo hablado en las sesiones –aunque no todas tienen un capítulo propio–, que recopila y profundiza la información que se presentó a lo largo de éstas. Si se desea observar con mayor detalle el libro, véase el anexo A.

3.3 SALIDAS TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

Para promover en los estudiantes una cultura de investigación (y responder así al segundo objetivo específico planteado), no basta con hablarles. Presentarles la información pertinente es tan solo un paso para este fin. Es imprescindible salir de ese ambiente tan estéril como es un salón de clases, hacerles ver la realidad en la que viven, la realidad a la que pueden aportar desde su propia especialidad. Por esto se realizaron dos salidas de investigación, que les ampliaron a los asistentes la visión de lo que escucharon en las sesiones del Seminario, sobre todo la visita al Sanatorio de Contratación E.S.E., uno de los momentos más agradables y fructíferos de todo el Seminario, tanto para los asistentes como para los mismos Realizadores. A continuación se profundiza un poco sobre estas salidas.

3.3.1 Visita al Centro Tecnológico Empresarial de la Fundación Cardiovascular. Llevada a cabo el 15 de diciembre de 2017, esta visita le dio fuerza a lo dicho a lo largo de la tercera fase del Seminario, ya que el objetivo que perseguía era observar algunas variables en el proceso de diseño de equipos de bioingeniería, conocer aspectos necesarios como las restricciones y requerimientos, y entender que un dispositivo ya terminado requiere de replanteamientos y reprocesos para alcanzar sus prestaciones más óptimas. Todo lo cual se logró bajo la guía del Ing. Leonardo Rodríguez Salazar, quien fue Ponente Invitado en la sesión 3: *Estado actual de la bioingeniería*. En la figura 28 se puede apreciar uno de los mejores momentos de la salida.

Figura 28. El Ing. Leonardo Rodríguez mientras les presenta a los participantes de la salida técnica de investigación la máquina *Nanospider*



Los participantes de esta visita tuvieron la oportunidad de ver algunos prototipos de ingeniería aplicada a la salud creados por la Fundación Cardiovascular, como, por ejemplo, el monitor de signos vitales *Sign Care*:

equipo para el cuidado médico, con capacidad de medir simultáneamente múltiples parámetros [...], todo ello dentro de una solución portátil, robusta y de bajo consumo, diseñada según los lineamientos de las normas AAMI y operada mediante una pantalla táctil de 7". Este equipo es multipropósito: está diseñado para operar en clínicas, hogares e incluso en ambulancias, cuenta con conectividad Bluetooth y a Internet mediante redes de datos móviles 3G/4G LTE, WiFi y Ethernet, permitiendo asistencia remota al paciente, tanto para leer sus parámetros como para comunicarse con el personal asistencial encargado¹⁵.

Equipo del cual se explicó detalladamente su proceso de diseño, junto a los problemas que fueron surgiendo en el camino a su consecución.

También fue posible conocer el funcionamiento de la máquina *Nanospider* (que se observa al fondo de la figura 28), generadora de nanofibras poliméricas de diámetro inferior a 500 nanómetros, mediante una técnica de hilado denominada *Electrospinning* que permite producir filamentos continuos cien veces inferiores a los métodos convencionales. Dichos filamentos se depositan en una membrana o malla no tejida llamada material nanofibroso, que es altamente compatible con ciertos fármacos, sirviendo de almacén de medicamento para realizar una liberación controlada del mismo, y utilizarse así en la industria de dispositivos biomédicos.

A su vez, los asistentes visitaron el Laboratorio de Validación y Metrología de esta entidad, "el primer y único laboratorio del sector salud en ser acreditado por ONAC [Organismo Nacional de Acreditación de Colombia] en magnitudes biomédicas, conforme a la norma ISO/IEC 17025, desde el año 2011"^{16 17}.

¹⁵ FUNDACIÓN CARDIOVASCULAR DE COLOMBIA. Monitor de signos vitales – Sing Care. [En línea]. (Recuperado en 17 de enero de 2017). Disponible en <http://www.fcv.org/site/investigacion/innovacion/monitor-de-signos-vitales-sing-care>

¹⁶ FCV. Laboratorio de Validación y Metrología. [En línea]. (Recuperado en 17 de enero de 2017). Disponible en <http://www.fcv.org/site/laboratorio-de-validacion-y-metrologia/quienes-somos/descripcion>

¹⁷ Vanguardia Liberal. Laboratorio de metrología de la FCV, primero en ser acreditado. [En línea]. (Recuperado en 17 de enero de 2017). Disponible en

3.3.2 Visita al Sanatorio de Contratación E.S.E.¹⁸ Patrocinada por la Dirección de la UIS, y realizada el 11 de noviembre de 2017, esta visita se alzó como uno de los momentos más emotivos y satisfactorios del Seminario.

Con estudiantes de diversas disciplinas –Ingeniería Mecánica, Diseño Industrial, Ingeniería Electrónica, Trabajo Social, Ingeniería Metalúrgica e Ingeniería Industrial–, y llevada a cabo precisamente el día siguiente a la última sesión del subciclo dedicado al sistema osteomuscular (es decir, la sesión 12: *Ingeniería de Rehabilitación*), fue una ocasión propicia para observar, en ambiente multidisciplinar, lo verdaderamente práctico que son los principios y fundamentos científicos presentados en las sesiones 8 a 12. Pero, más importante aún, fue una oportunidad invaluable para que los asistentes al Seminario conocieran la “zona cero” del problema que esta iniciativa sacó a la luz: la lepra.

De esta manera, quienes hicieron el viaje observaron personalmente las gigantescas necesidades que tienen las personas asiladas en el Sanatorio de Contratación E.S.E., las cuales pueden ser resueltas si profesionales –no solo de las áreas de la salud sino de cualquier especialidad– optan por ayudarles, que es a lo que apuntó con más fuerza el Seminario. De igual forma, los participantes tuvieron contacto directo con quienes han padecido la enfermedad de Hansen, sintieron la profundidad del dolor que ésta les ha causado y comprobaron así el absurdo estigma que se tiene hacia ellos y la mistificación sin sentido de la que aún goza la enfermedad.

A modo de resumen de la visita, en las figuras 29 a 32 pueden apreciarse algunos momentos del recorrido que se realizó por las instalaciones del Sanatorio.

<http://www.vanguardia.com/santander/bucaramanga/123556-laboratorio-de-metrologia-de-la-fcv-primero-en-ser-acreditado>

¹⁸ Universidad Industrial de Santander. Hasta el sanatorio del municipio de Contratación llegaron estudiantes UIS para ayudar a solucionar problemas y necesidades. [En línea]. (Recuperado 25 noviembre 2017). Disponible en <https://www.uis.edu.co/webUIS/es/rss/noticia.jsp?id=8548&canal=canalComunicaciones.xml&facultad=ppal>

Figura 29. Inicio del recorrido por las instalaciones del Sanatorio



Figura 30. Algunos estudiantes interactuando con los pacientes



Figura 31. Estudiantes conociendo las necesidades que tienen los pacientes del Sanatorio



Figura 32. Paciente del Sanatorio con problemas de movilidad



3.4 ENCUESTA A PROFESIONALES DE LA SALUD Y LA INGENIERÍA

A continuación se presentan las generalidades de la encuesta, acerca del por qué y cómo fue hecha. En cuanto al análisis específico de los resultados que de ella se obtienen, y la discusión que éstos suscitan, véase el anexo H, “Análisis de resultados y discusión de la encuesta a los profesionales de la salud y la ingeniería”.

3.4.1 Planteamiento del problema. La principal razón para realizar un sondeo entre los profesionales de la salud y la ingeniería en la región es conocer la percepción sobre la bioingeniería y el avance tecnológico al respecto a nivel de Santander –justamente desde el punto de vista de quienes se encargan del desarrollo de dispositivos, y de su respectivo uso en el área de la salud–, haciendo un contraste con la investigación hecha por los Realizadores del Seminario para así poner en contexto la situación de la bioingeniería en la región. Con lo cual se da cumplimiento al tercer objetivo específico planteado en el presente proyecto.

3.4.2 Materiales y métodos. El análisis del material recolectado se realizó mediante el programa de análisis estadístico IBM SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*), y el programa para análisis de hojas de cálculo de MS EXCEL, utilizando recursos estadísticos como la media, la mediana, escala de *likert*, las tablas de contingencia, entre otros; todo lo cual permite observar, comparar y contrastar las impresiones de quienes día a día se relacionan con la bioingeniería, ya sea en cuanto al uso de dispositivos biomédicos (profesionales de la salud), como lo que se refiere a su desarrollo (ingenieros).

En este orden de ideas, los resultados se expondrán en dos secciones: Estado académico de la bioingeniería y Percepción del desarrollo tecnológico de la bioingeniería.

3.4.2.1 Detalles de la muestra. La encuesta se realizó a 71 personas en la ciudad de Bucaramanga, y su área metropolitana, y municipios del departamento de Santander, como El Socorro y Contratación, y bajo total anonimato, de las cuales 32 son ingenieros de diferentes disciplinas, como la Ingeniería mecánica, electrónica e informática, pertenecientes a grupos de investigación universitarios reconocidos por Colciencias, como el Grupo de Investigación en Energías Renovables y Medio Ambiente (GIEMA), el Grupo de Investigación en Control, Electrónica, Modelado y Simulación (CEMOS), el Grupo de Investigación en Sistemas de Energía Eléctrica (GISEL), el Grupo de Investigación en Telecomunicaciones RadioGIS, así como ingenieros laborantes en instituciones de la salud como la Fundación Cardiovascular de Colombia (FCV) y la Fundación Oftalmológica de Salud Carlos Ardila Lulle (FOSCAL). Las 39 restantes fueron realizadas a profesionales de la salud de diversas disciplinas, como enfermería, bacteriología, fisioterapia y medicina. Esta última con la participación de una gran variedad de especialidades médicas como pediatría, dermatología, ortopedia, neurociencias, administración y auditoría médica, pertenecientes a centros de salud como la FCV, FOSCAL, IPS Coomultrasan, Hospital Universitario de Santander (HUS), Sanatorio de Contratación E.S.E y profesores de la facultad de salud de la UIS.

La edad de los encuestados, como muestra la tabla 6, estuvo en un rango general (salud más ingeniería) de entre 21 y 79 años, con una media de 39,74 años y una mediana de 36 años. La población joven se concentró en los profesionales de la ingeniería, con una media de 31,28 años y una mediana de 29 años. En contraste, el promedio de edad de los profesionales de la salud encuestados fue mayor, con un promedio de 46,86 años y una mediana de 51 años.

Tabla 6. Datos estadísticos de la edad de los encuestados.

	Muestra	Rango de edad (Años)	Media (Años)	Mediana (Años)
Ingenieros	32	21-58	31,28	29
P. Salud	39	23-79	46,86	51
Total	71	21-79	39,74	36

3.4.2.2 Descripción del instrumento. El formulario para los ingenieros y profesionales de la salud (véase anexo F), constó de 13 preguntas, divididas en 9 preguntas de única respuesta, 1 pregunta de múltiple respuesta y 3 preguntas abiertas aclaratorias. Tenía como principal objetivo conocer sus impresiones de la bioingeniería en torno a temas de investigación, así como impresiones sobre la actualidad de este campo de estudio en el país en cuanto al desarrollo de equipos y dispositivos biomédicos.

3.4.2.3 Tratamiento de los datos. Para el análisis de las preguntas, se definieron diferentes procesos para las mismas, según su modalidad de respuesta. Se establecieron tres modalidades de respuesta: Única respuesta, Múltiple respuesta y Respuesta aclaratoria.

Una entrada se define como la cantidad de datos válidos que puede generar un encuestado. En las preguntas de única respuesta, cada encuestado solamente tenía la oportunidad de generar una respuesta válida, por lo cual se toman los porcentajes de análisis con respecto del total de los encuestados. En las preguntas de múltiple respuesta, el porcentaje está medido con respecto al total de entradas de respuesta: cada persona puede generar un determinado número de entradas, dependiendo de la cantidad de opciones que marque (esto, con el fin de proporcionar objetividad al criterio de selección del encuestado). Finalmente, el formato de preguntas abiertas aclaratorias se utilizó para complementar preguntas

abiertas que podrían necesitar aclaraciones extras como, por ejemplo, la especificación de la institución en la que se dicta el programa de pregrado o posgrado que afirma conocer.

Todas las preguntas eran de carácter opcional: cuando la persona decidía no responder determinada pregunta, se consideraba como dato inválido. De esta manera, los porcentajes que aparecen en el análisis de resultados de cada pregunta corresponden al número de entradas válidas.

3.5 LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN PROPUESTAS

En el marco de la sesión 7: *¿Qué se puede hacer para ayudar?*, en aras de que los estudiantes apreciaran las necesidades de los enfermos de Hansen desde un punto de vista ingenieril y humano, y ampliaran su perspectiva acerca de esta compleja enfermedad, se les presentó a los asistentes una serie de ideas de proyectos de grado que podrían llevarse a cabo (las cuales se presentan en la sección 3.5.1), cumpliendo así con el cuarto objetivo específico planteado por el Seminario.

Con las reuniones del “Comité Multidisciplinar” (véase la sección 3.6, “Acercamiento entre la UIS y el Sanatorio de Contratación E.S.E.”) y las salidas de investigación al Sanatorio de Contratación E.S.E., estas ideas fueron madurando, tomando mejor forma. Así surgieron las líneas de investigación, junto a algunos proyectos específicos, pensadas para ser la guía del Acercamiento Interinstitucional entre la UIS y el Sanatorio y, por tanto, la base del posible Convenio entre estas dos entidades. Se creó entonces, por parte de los Realizadores, lo que se llamó “Sobre las necesidades de los enfermos de Hansen (Lepra) en Contratación, Santander, y cómo desde la Academia, y a nivel multidisciplinar, se puede trabajar para satisfacerlas: Acercamiento Interinstitucional entre el Sanatorio de Contratación E.S.E. y la UIS”, documento del cual se presenta la segunda versión en el anexo I, “Documento base para el Convenio UIS – Sanatorio”.

3.5.1 Ideas de proyecto presentadas a los asistentes en la sesión 7: *¿Qué se puede hacer para ayudar?*

Algunos proyectos de los que se les habló a los estudiantes, en el marco de la sesión 7: *¿Qué se puede hacer para ayudar?*, pensados para mejorar la vida de los pacientes de Hansen, son los siguientes:

- Diseño y construcción de camas adecuadas y aptas para sus características físicas y fisiológicas propias.
- Diseño innovador de **dispositivos** confiables y *seguros* que faciliten su traslado (subirse/bajarse).
- Diseño de **zapatos** especiales para las grandes deformaciones que existen en los pies (anestésicos, por cierto).
- Diseño de **equipos de apoyo**, como muletas, bastones, etc., completamente ergonómicos.
- Diseño y construcción de **prótesis** para las extremidades superiores e inferiores, teniendo en cuenta la anestesia que suele presentarse.
- Diseño de **sillas de ruedas** ajustadas y especiales para las características físicas de los pacientes.
- Diseño y construcción de **máquinas de rehabilitación integral** para recuperar la movilidad y motricidad fina, que abarquen un amplio margen de ejercicios y sean compactas y versátiles.
- Diseño de **equipos que permitan una autonomía** a la hora de las necesidades fisiológicas y de higiene personal.
- Diseño de **cuero ergonómicos** que se adapten a las deformaciones de las manos.
- Mejoramiento de la **loza** para que se adapte a las particulares condiciones de anestesia en las manos, y así evitar lesiones.
- Diseño y construcción de **sillas** acondicionadas para el personal de enfermería que hace las curaciones.

- Diseño y construcción de **apoyapiés y apoyabrazos** ergonómicos, prácticos y confortables para la comodidad de los pacientes al momento de sus curaciones.
- Reingeniería o mejoramiento de los **equipos para la limpieza y esterilización** del material usado en las curaciones.
- Instalación y/o adecuación de **sitios de lavado de heridas**.
- Diseño y construcción de **juegos de mesa** adaptados a sus características físicas y que exploren formas de rehabilitación social.
- Capacitación en **manualidades**.
- Diseño de **herramientas TIC** para la implementación de la telemedicina y ciber salud en las campañas de búsqueda de la enfermedad.
- Creación de una **nariz electrónica** que detecte el *Mycobacterium Leprae*.

3.6 ACERCAMIENTO ENTRE LA UIS Y EL SANATORIO DE CONTRATACIÓN E.S.E.

Sugerir áreas de investigación en bioingeniería no es solo hablar de ellas. Ni siquiera promover líneas específicas de trabajo, mediante un análisis detallado de las necesidades que existen en el área y un estudio profundo de la manera en que éstas pueden solucionarse. Claro que todo esto es importante y necesario (algo que, de una u otra manera, se hizo al ejecutar el Seminario). Pero va más allá: es el resultado de la unión sinérgica entre lo anterior y el punto más crítico: sentar las bases de proyectos específicos en los grupos de investigación, promover una fuerte relación de trabajo mancomunado entre éstos. De no ser así, los proyectos que suscitó el Seminario quedarían rápidamente en el limbo, y éste no sería sino otra iniciativa más, un esfuerzo que con el tiempo caería en el olvido.

Por esto fue que, incluso desde antes de empezar el Seminario (y pensando también en el cumplimiento del cuarto objetivo específico), se consideró más que apropiado proponer un Acercamiento entre la Universidad Industrial de Santander y

el Sanatorio de Contratación E.S.E., mediante el cual se establecerían lazos de trabajo entre estas dos entidades alrededor de la enfermedad de Hansen, que buscaran darle solución a las grandes necesidades que tienen quienes la padecen, o han padecido; y, de paso, se forjarán relaciones entre distintas disciplinas dentro de la UIS, se fomentará el trabajo a nivel multidisciplinar que brilla por su ausencia y que tanta falta hace, más en una institución educativa tan importante y de tanta proyección como la UIS.

Y no solo se propuso, sino que se llevó a cabo. Así, aparte de las diligencias correspondientes para contactar a las partes –la UIS y el Sanatorio– y los implicados –representantes de diferentes escuelas de la Universidad–, se llevaron a cabo dos reuniones de lo que se denominó el “Comité Multidisciplinar”: la primera de ellas (véase la figura 33), hecha el viernes 29 de septiembre de 2017 con participación de las escuelas de Ingeniería Mecánica, Medicina, Trabajo Social y Diseño Industrial, junto a representantes de la Dirección de la UIS (Diego Hernando Hernández, el abogado del Rector) y del Sanatorio (el Dr. Miguel Ángel Jiménez, Gerente, y el Dr. Olinto Mieles, Bacteriólogo); la segunda (véase la figura 34), en la que participaron las escuelas de Ingeniería Mecánica, Diseño Industrial, Ingeniería Electrónica y Trabajo Social, se hizo el jueves 14 de diciembre de 2017, y tenía como fin sacar conclusiones de la visita que se llevó a cabo al Sanatorio de Contratación E.S.E. Precisamente esta salida, hecha el lunes 4 de diciembre por 7 investigadores y profesores de la UIS –acompañados por los Realizadores del proyecto–, apoyada y financiada por la Dirección de la Universidad, se dio con la participación de las escuelas de Ingeniería Mecánica, Fisioterapia, Trabajo Social, Medicina, Ingeniería Electrónica y Diseño Industrial para estrechar los lazos de esta relación interinstitucional y estudiar las necesidades que existen en el Sanatorio de este municipio (véase la figura 35).

Figura 33. Primera reunión del Comité Multidisciplinar del Convenio entre la UIS y el Sanatorio



Figura 34. Segunda reunión del Comité Multidisciplinar del Convenio entre la UIS y el Sanatorio



Figura 35. Salida de Investigación al Sanatorio de Contratación por parte de investigadores y profesores UIS



3.7 ENCUESTAS A LOS ASISTENTES

Con el fin de evaluar el impacto que tuvo el Seminario en los asistentes, y realizar así una evaluación del mismo, se hicieron dos encuestas a las personas que hicieron parte de este (la primera en la sesión 2: *Bioingeniería: una mirada propedéutica*, y la segunda en la sesión 16: *Bioinformática*), comparando los resultados obtenidos en ambas. De esta manera se dio cumplimiento al quinto objetivo específico planteado.

A continuación se presentan las generalidades de estas encuestas. El análisis específico de los resultados que de ellas se obtienen, así como la discusión que éstos suscitan, pueden apreciarse en el anexo J, “Análisis de resultados y discusión de las encuestas realizadas a los asistentes del Seminario”.

3.7.1 Encuesta inicial (sesión 2)

3.7.1.1 Planteamiento del problema. Era primordial conocer, antes de su ejecución, las expectativas de los asistentes, y si ya conocían sobre los temas a tratar en el transcurso del Seminario, con el fin de definir el punto de partida del presente proyecto para, al final del mismo, determinar la influencia que tuvo en la audiencia. De lo contrario sería imposible saber cómo fue recibido el Seminario por parte del público.

Además, uno de los objetivos del Seminario era promover una cultura de investigación en la comunidad estudiantil, y sugerir proyectos de grado e investigación en el área de la bioingeniería. Saber si este objetivo se llevó a cabo – además de los argumentos que se han dado hasta ahora que lo demuestran– implica también conocer las opiniones de los asistentes al respecto, para lo cual esta encuesta es de gran utilidad, como ya se ha dicho.

3.7.1.2 Materiales y métodos. El análisis del material recolectado se realizó mediante el programa de análisis estadístico IBM SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*), y el programa para análisis de hojas de cálculo de MS Microsoft Office EXCEL, utilizando recursos estadísticos como la media, la mediana, escala de *likert*, las tablas de contingencia, entre otros; todo lo cual permite observar, comparar y contrastar las expectativas de los asistentes al inicio del Seminario.

- **Descripción de la muestra**

La primera encuesta se realizó a un total de 86 estudiantes –pertenecientes a 8 programas académicos de la UIS: Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica, Diseño Industrial, Ingeniería Metalúrgica, Trabajo Social, Ingeniería Industrial, Ingeniería Civil e Ingeniería Química–, sin tener en cuenta su rango de edades ni su nivel académico.

- **Descripción del instrumento**

El cuestionario utilizado en la aplicación de la primera encuesta se puede ver en el anexo D. Está compuesto por 10 preguntas, 6 de única respuesta, 2 de múltiple respuesta y 2 abiertas, que buscan conocer las razones que motivaron a los encuestados a asistir al Seminario; las expectativas que tenían hacia éste; si habían o no estudiado previamente la bioingeniería; las impresiones y el conocimiento previo que tenían hacia la enfermedad de Hansen; y, por supuesto, si desarrollaban o tenían previamente pensado desarrollar su proyecto de grado en temas relacionados a la bioingeniería.

3.7.2 Encuesta final (sesión 16)

3.7.2.1 Planteamiento del problema. Al final del Seminario se aplicó la segunda encuesta, que buscaba determinar si se satisfizo las expectativas que los asistentes tenían al inicio del presente proyecto. De esta manera, estaba pensada para que ellos expresaran qué temas les parecieron más atractivos, qué objetivos cumplió el Seminario y para que, a modo personal, calificaran el rendimiento del mismo.

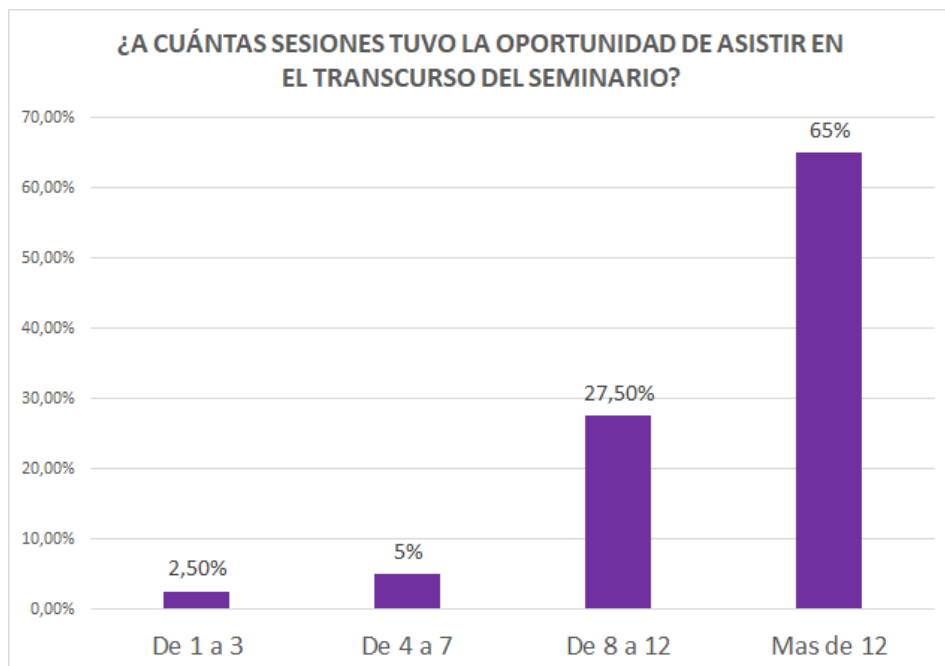
3.7.2.2 Materiales y métodos. El análisis del material recolectado se realizó mediante el programa de análisis estadístico IBM SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*), y el programa para análisis de hojas de cálculo de MS Microsoft Office EXCEL, utilizando recursos estadísticos como la media, la mediana, escala de *likert*, las tablas de contingencia, entre otros; todo lo cual permitió observar, comparar y contrastar las impresiones que el Seminario, luego de su realización, dejó en los asistentes al mismo.

- **Descripción de la Muestra**

La encuesta final se realizó a 40 personas, cantidad de asistentes a la última sesión. Una muestra de que la asistencia al Seminario, como es natural en cualquier evento que se extienda durante mucho tiempo –en este caso a lo largo de 16 semanas–, fue menguando progresivamente. Lo que puede deberse a múltiples factores –difíciles de determinar–, tales como los compromisos académicos de los participantes, la interferencia horaria con otras actividades, la falta de disciplina, la pérdida de interés hacia el proyecto y hasta el simple hecho de que algunos no hayan podido asistir a la sesión 16, en la que se llevó a cabo la encuesta (téngase en cuenta que ésta se dio el viernes 15 de diciembre de 2017, día de ceremonia de grados en la UIS). Aun así, cabe resaltar que la mayor parte de los encuestados (92,5%) asistió a más de la mitad del Seminario (véase la figura 36).

En esta encuesta, así como en la realizada al inicio del Seminario, no se tuvo en cuenta el rango de edad ni el nivel académico general de los participantes.

Figura 36. Asistencia general de los encuestados en el último sondeo



- **Descripción del instrumento**

El formulario utilizado para el sondeo final del Seminario se puede observar en el anexo E. Está conformado por 11 preguntas, 6 con única respuesta, 2 con múltiple respuesta y 3 abiertas, con el motivo de saber qué tanto cambiaron las impresiones del público respecto a la encuesta inicial, en lo referente a su percepción de la bioingeniería y la enfermedad de Hansen. Además, se usó para que los asistentes calificaran, en una escala de 1 a 5 (siendo 1: deficiente, y 5: excelente), el desarrollo del Seminario y el impacto que supuso en ellos. A su vez, fue una herramienta para que plasmaran sus observaciones y sugerencias sobre el presente proyecto (algunas de las recomendaciones que plasmaron se muestran en la sección 5.1, “Recomendaciones de los asistentes al Seminario”).

- **Tratamiento de los datos**

El procedimiento para el análisis de las preguntas de única y múltiple respuesta para esta encuesta, son idénticos a los utilizados para el análisis de resultados del sondeo a los profesionales de la salud y la ingeniería, descritos en el tercer ítem de la sección 3.4.2. No obstante, las preguntas abiertas de esta sección no son notas aclaratorias: por el contrario, tienen el rol de describir la impresión del público encuestado ante un tema en específico. Por este motivo, para el tratamiento de la pregunta abierta se definieron tendencias de pensamiento, agrupando cada una de las respuestas abiertas en una tendencia determinada de pensamiento que abarcara su contenido. El porcentaje de análisis se mide con respecto al total de entradas válidas proveniente de cada uno de los encuestados: una persona únicamente podía generar una entrada válida; aquellos que optaron por dejar la casilla de respuesta en blanco, se declararon como datos inválidos.

4. CONCLUSIONES

- El estudio de la bioingeniería es una temática que atrae la atención de muchos estudiantes de la UIS, la mayoría de los cuales no recibe formación al respecto a lo largo de su pregrado, como se puede constatar en las encuestas realizadas a los asistentes al Seminario.
- El Seminario de Investigación en Bioingeniería: Biomecánica y Sociedad, como bien se manifiesta en las encuestas realizadas al principio y final del mismo, fue un incentivo fundamental para la promoción de una cultura de investigación en bioingeniería, con enfoque social y a nivel multidisciplinar.
- El acompañamiento de conocedores de diferentes áreas de la bioingeniería, que con su experiencia amplíen la fundamentación teórica que reciben los estudiantes, es un hecho fundamental para un aprendizaje integral y el fomento de la investigación científica en el área.
- Las visitas técnicas a instituciones especializadas, como la Fundación Cardiovascular de Colombia, son herramientas fundamentales para la formación en investigación de los estudiantes, permitiéndoles conocer de primera mano los recursos humanos y tecnológicos con los que cuentan, así como la metodología de investigación aplicada por sus grupos de trabajo para el desarrollo de proyectos de innovación y desarrollo.
- La lepra es una enfermedad mitificada que goza de muy mala reputación por parte del común de la gente, lo que contribuye a la estigmatización de quien la padece, e inclusive de sus familiares y amigos. Conocer sus implicaciones socio-históricas y humanas, así como sus características médico-científicas, es

fundamental para vencer el miedo y repudio que gran parte de la población le profesa a la enfermedad de Hansen.

- Las personas que han padecido la enfermedad de Hansen, suelen presentar secuelas físicas muy discapacitantes que mellan su autonomía y libertad. Discapacidades que pueden ser revertidas, o al menos manejadas para hacer más fácil la vida de quien las sufre, gracias al esfuerzo de la bioingeniería.
- La complejidad es inherente a la lepra: aunque es una enfermedad relativamente simple desde la perspectiva médico-científica, todas las consecuencias sociales y personales que acarrea la convierten en un tema de tratamiento multidisciplinar obligatorio si se desea ayudarles verdaderamente. Entonces, la única manera de hacer algo por las personas que la padecen, o han padecido, es que disciplinas como trabajo social, medicina e ingeniería trabajen de la mano.
- El reconocimiento de las instalaciones del Sanatorio de Contratación E.S.E. permite poner en contexto la información teórica que se tiene sobre la enfermedad de Hansen, observando la realidad a la que se enfrentan aquellas personas que han padecido la lepra. De esta manera es posible entender todas las implicaciones que existen alrededor de ésta y motivar el desarrollo de proyectos de investigación en bioingeniería que impacten positivamente en la calidad de vida de la población afectada.
- El acercamiento entre las instancias universitarias y las directivas del Sanatorio de Contratación E.S.E. es un hecho que fomenta la investigación con sentido social, ya que es el punto de partida para el establecimiento de proyectos de investigación institucionales enfocados a la resolución de las necesidades que tienen las personas que padecen, o han padecido la enfermedad de Hansen.

- Es necesario que la universidad se comprometa seriamente con la bioingeniería y especialmente con la enfermedad de Hansen.
- La difusión académica de la bioingeniería y la ingeniería biomédica (B&IB) en la región es baja, principalmente en el campo profesional, ya que pocas personas conocen la oferta académica ofrecida en Santander y Colombia. Así, las carreras de B&IB tienen una baja permeabilidad en este gremio.
- La oferta de programas académicos sobre bioingeniería e ingeniería biomédica en el país es amplia, con 47 programas disponibles: 18 de pregrado, 28 de posgrado y 1 de nivel tecnológico. A su vez, la educación superior a nivel de pregrado en B&IB se sustenta en su mayoría sobre el sector privado de la educación, caso contrario a lo que sucede en la educación universitaria a nivel avanzado, donde el sector público adquiere un mayor protagonismo, gracias al apoyo de los grupos de investigación de las grandes universidades públicas regionales del país, como la UIS, la UDEA y la UniQuindío, así como la mayor universidad de carácter estatal, la UN.
- La percepción de los profesionales de la salud y la ingeniería en general sobre el avance tecnológico e investigativo en el área de la bioingeniería es de atraso regional y nacional con respecto al panorama internacional, lo que contrasta con la oferta educativa a nivel de maestría y doctorado en B&IB –que incluso supera la cantidad de programas de pregrado en el área. Esto se debe, como ellos mismos manifiestan, al difícil acceso de las entidades de salud e instituciones investigativas a los equipos biomédicos de alta tecnología, así como al poco apoyo y la baja promoción de la investigación en bioingeniería por parte del estado y los entes privados, aunado al mal diseño que caracteriza el actual sistema de salud.

- La bioingeniería en Colombia avanza lentamente y de manera sectorizada, como se puede concluir a partir de la investigación realizada, las visitas técnicas llevadas a cabo y los resultados de las encuestas a los profesionales. El avance tecnológico y científico en cualquier área del conocimiento depende en gran medida de la estabilidad económica de las instituciones donde se realiza, por lo que solamente en aquellas con una alta sostenibilidad y capacidad organizacional es posible realizar investigación y desarrollo (I+D) tecnológico de manera eficaz –como es el caso de la FCV–. De ahí el avance sectorizado de la bioingeniería, ya que son pocas las instituciones en la región y el país que cuentan con las capacidades y el capital necesario, tanto para la adquisición y/o desarrollo de tecnología biomédica, que de por sí suele ser de alto costo.
- La Fundación Cardiovascular de Colombia representa el mayor estandarte de investigación y desarrollo tecnológico a nivel regional, siendo pionero en Santander –e inclusive en Colombia– de grandes investigaciones en el área, con repercusión a nivel nacional e internacional, tales como su Laboratorio de Validación y Metrología en magnitudes biomédicas, el Proyecto Laboratorio Biocompatibilidad y los procedimientos realizados por el grupo ECMO y VAD.
- El país cuenta con grandes centros de investigación y desarrollo tecnológico, como la Fundación Shaio –que pretende revolucionar el campo de la bioingeniería con la patente del nanomarcapasos, a manos del grupo de trabajo liderado por el Ing. Jorge Reynolds–, el Centro Oftalmológico Carriazo –en alianza con la Universidad del Norte– y la Fundación Valle del Lili.
- El Seminario de Investigación en Bioingeniería: Biomecánica y Sociedad, como se aprecia en los resultados de las encuestas realizadas, tuvo gran acogida entre los participantes, con una alta calificación apreciativa (4,55 sobre 5). Además, todos los ejes temáticos fueron de agrado para el público, siendo Biomimética y

Bioinformática, y la enfermedad de Hansen junto con la biomecánica del sistema locomotor, los temas que mejor impresión tuvieron entre los participantes,

- Es necesario que la UIS fomente el trabajo multidisciplinar entre los distintos grupos de investigación en bioingeniería, que al día de hoy es prácticamente inexistente. De esta manera se garantiza, primero, una formación más profunda de sus integrantes en el área, lo cual puede extenderse hacia sus respectivas escuelas y la comunidad estudiantil en general; y, segundo, la promoción de una cultura de investigación con enfoque social, que cuente con las herramientas necesarias para tal fin.

5. RECOMENDACIONES

Se optó por tener en cuenta no solo las recomendaciones de los autores del presente proyecto, sino también aquellas provistas por algunos de los asistentes al Seminario, quienes las dieron a conocer en la encuesta final que se les practicó.

5.1 RECOMENDACIONES DE LOS ASISTENTES AL SEMINARIO

- “Más invitados, tal vez un debate que nos diera una idea de los pros y contras en cuanto a bioética. De esta forma se enriquece la apreciación individual de nosotros como asistentes”.
- “Una visita técnica adicional, y con la posibilidad de definir las fechas por sondeo para que la mayoría de los participantes del Seminario asistieran”.
- “Una retroalimentación o un espacio para que nosotros los asistentes podamos dejar ideas acerca de posibles proyectos o soluciones para los pacientes de lepra. Estoy seguro que ideas por ahí habrán surgido”.
- “Pienso que el Seminario se desarrolló de la mejor forma posible para el tiempo con el que se contó. Queda en nosotros y el alma máter continuar los proyectos que surjan a partir de esta iniciativa”.

5.2 RECOMENDACIONES DE LOS AUTORES

- Realizar un proyecto de grado en modalidad “Seminario de Investigación”, que continúe la línea trabajada por el Seminario de Investigación en Bioingeniería: Biomecánica y Sociedad, que profundice en varios de los temas tratados en éste,

que incluya otros que no se pudieron abordar –como bioética– y, sobre todo, que mantenga también el enfoque social y la determinación de ayudar a quienes más lo necesitan: uno de los aspectos que más impacto tuvo en el desarrollo del presente proyecto.

- Llevar a cabo un foro multidisciplinar en el que participen expertos en el área de la bioingeniería para debatir los avances que se están dando en esta disciplina, y cómo se puede contribuir desde el área a la resolución de múltiples problemáticas sociales. De esta manera la comunidad estudiantil podrá conocer al respecto y motivarse a trabajar en pos de la solución de los problemas que aquejan a la comunidad.
- Establecer en firme el Convenio Interinstitucional de Investigación entre la Universidad Industrial de Santander y el Sanatorio de Contratación E.S.E., una oportunidad para que la UIS demuestre su sentido de pertenencia y compromiso, como universidad pública, para con todas aquellas personas que han padecido la enfermedad de Hansen, cuya historia ha marcado al país y al departamento de Santander. Se recomienda entonces que se le dedique a esta iniciativa el tiempo y esfuerzos que se merece, y que la universidad no la deje caer en el olvido, como ha pasado con la lepra hasta el día de hoy.
- Hacer más prácticas las asignaturas que aborden temas relacionados con la bioingeniería, incluyendo espacios de debate sobre las implicaciones éticas y sociales de la investigación científica, y en los cuales los estudiantes puedan aportar ideas y proponer proyectos que beneficien a la comunidad.
- Potenciar los semilleros de investigación en bioingeniería, y dirigirlos a estudiantes de cualquier especialidad y desde los primeros niveles de su pregrado, para que sean un espacio de promoción de la investigación científica, multidisciplinar y con sentido social.

- Usar el libro “Memorias del Seminario de Investigación en Bioingeniería: Biomecánica y Sociedad” como apoyo en la asignatura de Biomecánica y el Semillero GIEMA: Biomecánica, a modo de recurso didáctico y pedagógico para que los estudiantes amplíen su campo de visión sobre la bioingeniería y la problemática social alrededor de la enfermedad de Hansen.
- Dado el gran interés de los estudiantes, crear una asignatura de contexto en bioingeniería, abierta a cualquier especialidad, con un enfoque teórico-práctico, en la que se aborden, además de los fundamentos científicos de esta ciencia, las posibilidades de investigación existentes en el área y, de esta manera, que sirva como pilar para el fomento de una cultura de investigación científica multidisciplinar y con sentido social, nutriendo los semilleros ya existentes y motivando la creación de nuevos.
- Que se realicen –así como existen y se promueven, incluso de manera institucional, salidas técnicas a empresas e industrias– salidas de investigación de carácter social, en las que los estudiantes de las carreras de ingeniería y afines puedan apreciar, de primera mano, las grandes necesidades que tienen las personas, muchas de las cuales viven en comunidades olvidadas por la Academia –como es el caso de Contratación, Santander–, y se concienticen de lo mucho que hay por hacer para solucionar los problemas que aquejan a la sociedad.

BIBLIOGRAFÍA

- AARONSON, Philip. El Sistema cardiovascular en esquemas. España: Universidad de Murcia, Facultad de Medicina, Departamento de Fisiología, 2001. p. 1-11.
- ALBERTS, Bruce y BRAY, Dennis. Introducción a las células. En: Introducción a la biología celular. Editorial Médica Panamericana, 2006.
- ÁLVAREZ, C. D. Biomecánica del hueso. En: Revista Educa, serie Biomecánica Clínica. 2010, vol. 2, no. 3, p. 32-48.
- AROWNE CARRASCO, C. y VILLEDA, A. Marcapasos cardíacos permanentes. En: Revista Médica Hondureña. 2000, vol. 68, no.3, p. 96-101.
- AZCÓN-BIETO, Joaquín y TALÓN, Manuel. Fundamentos de fisiología vegetal. México: Mc Graw Hill Education, 2008.
- BARNARD, J. y TSUI, S. S. L. The total artificial heart in a cardiac replacement therapy programme. En: British Journal of Hospital Medicine. 2012, vol. 73, no.12, p. 672-639.
- BARU, Joshua S., et al. John Holter's shunt. En: Journal of the American College of Surgeons. 2001, vol. 192, no. 1, p. 79-85.
- BERNAL PEDRAZA, Ferney. "Colombia requiere al menos el 1% del PIB para ciencia, tecnología e innovación": Colciencias. En: Revista Médico Legal. 2010, vol. 16, no. 2, p. 30-34.
- BLANCHARD, Susan. Anatomy and Physiology. En: ENDERLE, John; BLANCHARD, Susan y BRONZINO, Joseph. Introduction to Biomedical Engineering. 2ed. Elsevier, 2005. p 73-125.

BOTERO JARAMILLO, Natalia; POLO RIVAS, Daniela y SINUCO RUEDA, Laura. La lepra en Colombia: estigma, identidad y resistencia en los siglos XX y XXI. En: Salud Bosque. vol. 5, no. 1, p. 67-80.

BRONZINO, Joseph. Biomedical Engineering: a historical perspective. En: ENDERLE, John; BLANCHARD, Susan y BRONZINO, Joseph. Introduction to Biomedical Engineering. 2ed. Elsevier, 2005. p 1-29.

BUSTAMANTE, J. y VALBUENA, J. Biomecánica cardiocirculatoria: análisis y modelado cardiovascular. En: Revista Colombiana de Cardiología. Marzo/Abril, 2003, vol.10, no. 5, p. 229-239.

CAEL, Christy. Osteología y artrología. En: Anatomía Funcional. Editorial Médica Panamericana, 2012. p. 27-48.

CAMPANO VERA, Otto y CAMPANO CONTRERAS, Nicolás. Hakim. Historia del Descubrimiento de la Hidrocefalia de Presión Normal. En: Revista Peruana de neocirugía. 2017, vol. 2, p. 1-2.

ÇENGEL A., Yunus y CIMBALA M., John. Mecánica de fluidos: fundamentos y aplicaciones. McGraw-Hill/Interamericana editores S.A, 2006. p. 66.

ELAD, D. y EINAV, S. Physical and flow properties of blood. En: Standard Handbook of Biomedical Engineering and Desing, 2003. p. 1-25.

FADUL, Santiago P.; MARTÍNEZ, Máncel y VARGAS, Diana G. Situación epidemiológica de lepra, Colombia, 2012 a 2014. En: Informe Quincenal Epidemiológico Nacional. 31 de enero de 2015, vol. 20, no. 2, p. 27-30.

FAJURI, A. Anatomía y Fisiología del Sistema excito-conductor. Manual de Arritmias, 2009. p. 1-15.

FALLIS, A. Sistema esquelético. En: Journal of Chemical Information and Modeling. 2013, vol. 53, no.9, p.1689-1699.

FINKELSTEIN, Sydney. Ejecutivos inteligentes: conozca sus errores y aprenda de ellos. Colombia: Grupo Editorial Norma, 2004.

FUNG, Y. C. y LIU, S. Q. Determination of the mechanical properties of the different layers of blood vessels in vivo. En: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 1995, vol. 92, no. 6, p. 2169-2173.

GÁLVEZ, Carolina. Ingeniería tisular cardiaca y corazón bioartificial. En: Revista Española de Cardiología. 2016, vol. 66, no.5, 391-399.

GARCÍA, X.; MATEU, L., et al. Puesta al día en medicina intensiva. Monitorización hemodinámica en el paciente crítico. En: Medicina Intensiva. 2011, vol. 35, no.9, p. 552-561.

GONZÁLEZ QUIRÓS, José Luis. Conocimiento y riesgo en Biomedicina. En: Argumentos de Razón Técnica. 2002, vol. 5, p. 177-206.

GUEDE, F. Biomecánica del músculo. En: Curso de Biomecánica I. Universidad de las Américas. p. 1-20.

GUYTON, Arthur Clifton; HALL, John E. Visión general de la circulación: biofísica de la presión, el flujo y la resistencia. En: Tratado de fisiología médica. Brasil: Elsevier, 2006.

_____. Contracción del músculo esquelético. En: Tratado de fisiología médica. Brasil: Elsevier, 2006.

_____. El corazón como bomba y la función de las válvulas cardiacas. En: Tratado de fisiología médica. Brasil: Elsevier, 2006.

GUZMÁN, Fernando y MURILLO, Roberto. Servicios de cirugía cardiovascular, anestesia, enfermería y perfusión. En: Revista Colombiana de Anestesiología. 1990, vol.18, no.3, p. 127-142.

HAMILL, Joseph y KNUTZEN, Kathleen. Biomechanical basis of human movement. Lippincott Williams & Wilkins, 2006.

HAMROCK, Bernard; JACOBSON, Bo y SCHMID, Steven. Columnas. En: Elementos de máquinas. México: Mc Graw Hill Education, 2000. p. 360-384.

HERNÁNDEZ VALDIVIESO, Mauricio. La bioingeniería en Colombia, por el camino de las alianzas estratégicas. En: Revista Ingeniería Biomédica. 2009, vol.3, no.5, p. 10-14.

HYDROCEPHALUS ASSOCIATION. Sobre la Hidrocefalia: un libro para los padres. 42 p. (Recuperado 18 enero 2018). Disponible en http://www.hydroassoc.org/docs/Sobre_la_Hidrocefalia_web-09.pdf

KILÓ, Euclides. Un invento de todo corazón. En: Vanguardia Liberal. 2016. (Recuperado en 18 enero 2016). Disponible en <http://www.vanguardia.com/mundo/ciencia/354948-un-invento-de-todo-corazon>

LANG, R. M., et al. Recomendaciones para la cuantificación de las cavidades cardíacas por ecocardiografía en adultos: actualización de la Sociedad Americana de Ecocardiografía y de la Asociación Europea de Imagen Cardiovascular. En: Journal of the American Society of Echocardiography. 2015, vol. 28, p. 1-39.

LORENZ, T. y CAMPELLO, M. Biomecánica del músculo esquelético. En: NORDIN, M. y FRANKEL, V. Biomecánica básica del sistema musculoesquelético. 3 ed. Madrid: Mc Graw Hill Education, 2001. p.152–178.

MACHADO FERNÁNDEZ, Enrique J.; BENÍTEZ MERINO, María y DÍAZ PARRA, Yamila. Revisión y actualización en cirugía refractiva corneal. En: Revista Cubana de Oftalmología. 1999, vol. 12, no 2, p. 146-152.

MÉNDEZ MOLINA, Francisco. Fisiopatología de la circulación extracorpórea. En: Archivos de Cardiología de México. 2004, vol. 74, no. 2, p. 505-508.

MIRAVETE, Antonio y CUARTERO, Jesús (ed.). Materiales compuestos. Reverté, 2003.

MOLINA, M. E., et al. 25 años de experiencia en válvulas de derivación ventrículo-peritoneal. ¿Son mejores los nuevos sistemas? En: Cir Pediatr. 2008, p. 223-227.

MONOT, Marc, et al. On the origin of leprosy. En: Revista Science. 13 de mayo de 2005, vol. 308, p. 1040-1042.

MONTALVO, César. Tejido Muscular. En: Biología celular, tisular e histología médica. México: UNAM, 2010. p. 1-31.

MORENO, L.; CARULLA, A.; MUGUERSIA, K.; et al. Hemodilución normovolémica aguda en pacientes expuestos a cirugía de revascularización coronaria. En: Revista MEDISAN. 2015, vol. 19, no.12, p.1434-1442.

MORENO, Leonardo y CALDERAS, Fausto. La sangre humana desde el punto de vista de la reología. En: Materiales Avanzados. 2013, vol. 20, p. 33-37.

NAVARRO, Silvia Inés; OLEA, Leucadio; et al. Actividad eléctrica del corazón. En: Revista de Ciencia y Técnica. vol. 7, no. 10, p. 101-108.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Estrategia mundial de eliminación de la lepra 2016-2020: Acelerar la acción hacia un mundo sin lepra. Ginebra, Suiza: Biblioteca de la OMS/SEARO, 2016. 22 p.

OROZCO, Luis Carlos; RODRÍGUEZ, Gerzaín y SARMIENTO, Carlos. Lepra. Santafé de Bogotá, D.C: Instituto Nacional de Salud, 1996. 222 p.

PALLADINO, Joseph y DAVIS, Roy. Biomechanics. En: Introduction to Biomechanical Engineering. 2ed. Elsevier, 2005. p. 73-125.

PANDY, Marcus y BARR, Ronald. Biomechanics of the Musculoskeletal System. En: Standard Handbook of Biomedical Engineering and Design. 2004, p. 6.1-6.32.

PARDO, Clara Inés. Las regalías y la inversión en ciencia y tecnología en Colombia. Periódico Portafolio. Bogotá D.C. 2017. (Recuperado en 28 enero 2016.) Disponible en <http://www.portafolio.co/economia/las-regalias-y-la-inversion-en-ciencia-y-tecnologia-en-colombia-506940>

PÉREZ PINZÓN, Luis Rubén. La lepra en Santander: tratamientos y maltratamientos históricos. En: Anuario de historia regional y de las fronteras. vol. 10, p. 215-228.

_____. La lepra y los lazaretos en Santander. Discapacidad clínico–hospitalaria y Minusvalía socio–cultural. En: Salud UIS. 2005, vol. 37, p. 141-151.

PINTO GARCÍA, Rafael y RODRÍGUEZ TORO, Gerzaín. La Lepra. Imágenes y Conceptos. Medellín: Universidad de Antioquia, 2007. 177 p.

POCA, María Antonia; SAHUQUILLO, Juan y MATARÓ, María. Actualizaciones en el diagnóstico y tratamiento de la hidrocefalia “normotensiva” (hidrocefalia crónica del adulto). En: Neurología. 2001, vol. 16, p. 353-369.

REIRIZ PALACIOS, Julia. Generalidades del sistema locomotor. Barcelona: Col·legi Oficial D'infermeres I Infermers, 2010. p. 1-62.

REYNOLDS POMBO, Jorge. Historia de los marcapasos en Colombia. En: Revista Colombiana de Cardiología. 2010, vol. 11, no.7, p. 10-14.

REYNOLDS POMBO, Jorge y LOZANO URIBE, Fabio. Al latido de Jorge Reynolds. En: Revista la Tadeo. 2002, no. 67, p. 155-160.

RIANCHO, José A. y DELGADO-CALLE, Jesús. Mecanismos de interacción osteoblasto-osteoclasto. En: Reumatología Clínica. 2011, vol. 7, p. 1-4.

RODRIGUEZ GARCIA, Jesús. Historia de la estimulación cardíaca eléctrica. Los marcapasos. En: ARS Médica. Revista de Humanidades, vol. 4, p. 94-107.

ROMERO SANTIAGO, Alejandro. La Bioingeniería en el caribe colombiano: historia y evolución. En: Revista Ingeniería Biomédica, vol. 3, no.5, p. 22-27.

ROSS, Michael H. y PAWLINA, Wojciech. Histología: texto y atlas color con biología celular y molecular. 5ed. Editorial Médica Panamericana, 2007.

RUIZ IBÁÑEZ, Carlos; ZULUAGA DE CADENA, Ángela y TRUJILLO ZEA, Andrés. Telemedicina: introducción, aplicación y principios de desarrollo. En: CES Medicina. 2007, vol. 21, no.1, p. 77-93.

SÁNCHEZ LUNA, Manuel; BLANCO BRAVO, Dorotea; et al. Oxigenación por membrana extracorpórea. En: Acta Pediátrica Española. 2003, vol. 61, no.8, p. 396-402.

SÁNCHEZ, Inmaculada y HERNÁNDEZ, Antonio. Nociones básicas sobre marcapasos y desfibriladores automáticos implantables. En: Guía del Paciente Portador de Marcapasos. 2008, p. 491-508.

SARGIN, D.; STOREK, J.; GOOLEY, T.; et al. Mechanical Properties of Stored Red Blood Cells Using Optical Tweezers. En: Blood Journal. 2014, p. 2975-2977.

SEPÚLVEDA, Julio. Cartílago y Hueso. En: Atlas de histología: Biología celular y tisular. McGraw-Hill. México D.F. México. 2012, p. 99-112.

_____. Sistema Circulatorio. En: Atlas de histología: Biología celular y tisular. McGraw-Hill. México D.F. 2012, p. 99-112.

_____. Tejido Muscular. En: Atlas de histología: Biología celular y tisular. McGraw-Hill. México D.F. 2012, p. 113-132.

SERRANO, Félix. Circulación extracorpórea y protección miocárdica pediátrica: ¿son especiales? En: Cirugía Cardiovascular. 2014, vol.21, no.2, p. 79-85.

SIFF, Mel. VERHOSHANSKY, Yuri. La fuerza y el sistema muscular. Superentrenamiento. 2ed. Editorial Paidotribo. 2004, p. 19-117.

SLEPIAN, M. J.; SMITH, R. G.; COPELAND, J. G. The SynCardia CardioWest Total Artificial Heart. En: Treatment of Advanced Heart Disease. 2006, p. 473-490.

SLOWIK, Abigail; WILLIAMS, Michael; SMITH, Cynthia. Hidrocefalia de presión normal: un síndrome reversible de demencia, alteraciones en la marcha e incontinencia urinaria. En: Acta Neurologica Colombiana. 2010, vol. 26, no.3, 81-86.

SOPENA JUNCOSA, J. J., et al. Estructura y función del cartílago articular. Portada: Armas Frente a la Patología Articular, 2000.

SUÁREZ, Gustavo. Bases fisiológicas del reclutamiento de motoneuronas. VIREF Revista de Educación Física. 2013, vol.2, no.1, p. 85-102.

SUAREZ, Gustavo. R. Apuntes de clase Gustavo Herrera. Universidad de Antioquia. 2014, vol. 1, p. 21-28.

TAMARGO, Juan y DELPÓN, Eva. Función de bomba del corazón: el ciclo cardíaco. En: TRESGUERRES, J; BENITEZ, E.; CACHOFEIRO, M.; et al. Fisiología humana. 3 ed. Madrid: McGraw Hill Interamericana, 2012, p. 485-506.

TORREGROSA, Salvador; FUSET, María Paz; et al. Oxigenación de membrana extracorpórea para soporte cardíaco o respiratorio en adultos. En: Cirugía Cardiovascular. 2009, vol. 16, no.2, p. 163-177.

TORRES, Fernando Sánchez. La Amniocistostomía. En: Revista Colombiana de Obstetricia y Ginecología, 2003, vol. 54, no 3, p. 185-192.

TORTOSA MORENO, Avelina. Sistema cardiovascular: Anatomía. En: Journal of Chemical Information and Modeling. 2013, vol.53, no.9, 1689-1699.

UNESCO. Engineering: Issues Challenges and Opportunities for Development. Paris 07 SP: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. 2010, p. 56-59.

VIERA VALDÉS, Brandy. Síndrome de marcapaso. Presentación de un caso. En: Revista Electrónica de las Ciencias Médicas en Cienfuegos. 2009, vol. 7, no.5, p. 48-52.

VILLAVECES, José Luis. Jorge Reynolds: Del corazón de las ballenas al corazón de los humanos. En: Nómadas (Col), 2003, no.19, p. 224-233.

VINCENT, Paul. El Cuerpo Humano. Editorial Reverté. Barcelona. 1981

VOEGELI, Antonio Viladot. Lecciones básicas de biomecánica del aparato locomotor. Springer Science & Business Media, 2001.

WEINECK, Jürgen. Entrenamiento Total. Editorial Paidotribo. Barcelona. 2005, vol. 24 p. 215-222

ZATSIORSKY, Vladimir M. y KRAEMER, William J. Science and practice of strength training. Human Kinetics, 2006.