



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CIENCIAS Y SISTEMAS

TELECIRUGÍA:
UN ANÁLISIS TECNOLÓGICO DE LA TELECIURUGÍA
LAPAROSCÓPICA

DAMARIS ZENOBIA ALVARADO FRANCO

ASESORADO POR: INGENIERA CLAUDIA LICETH ROJAS MORALES
DOCTOR RENE STRICKER

GUATEMALA, MAYO DE 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**TELECIRUGÍA:
UN ANÁLISIS TECNOLÓGICO DE LA TELECIURUGÍA
LAPAROSCÓPICA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

DAMARIS ZENOBIA ALVARADO FRANCO

ASESORADO POR: Inga. Claudia Liceth Rojas Morales y
Dr. Rene Stricker

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERA EN CIENCIAS Y SISTEMAS

GUATEMALA, MAYO DE 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADORA	Inga. Ligia María Pimentel Castañeda
EXAMINADORA	Inga. Virginia Victoria Tala Ayerdi de Alemán
EXAMINADOR	Ing. Edgar Estuardo Santos Sutuj
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado

TELECIRUGÍA:

UN ANÁLISIS TECNOLÓGICO DE LA TELECIURUGÍA LAPAROSCÓPICA

Tema que me fuera asignado por la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas con fecha enero de 2004

Damaris Zenobia Alvarado Franco

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de San Carlos de Guatemala

Por haberme brindado la oportunidad de aprender en tan prestigiosa institución.

Al Dr. Rene Stricker

Por el tiempo y conocimiento brindado al asesorar mi trabajo de graduación.

A la Inga. Claudia Liceth Rojas Morales

Por el tiempo y conocimiento brindado al asesorar mi trabajo de graduación.

A todas las personas que me brindaron su apoyo y colaboración

Que de muchas formas aportaron un granito de arena en el desarrollo de mi profesión.

ACTO QUE DEDICO

- A Dios** Por darme la bendición de ser tu hija y porque sé que todo lo que tengo ha sido siempre tu voluntad proporcionándomelo como un regalo, todo honor y gloria a ti.
- A mis padres** Por ser el regalo más bello que Dios me ha dado y la razón de mis triunfos.
- A mis hermanas** Débora, Marien y Nadia por que siempre han sido mis mejoras amigas, son un gran tesoro.
- A mis abuelos** Petrona Morales y Alfredo Alvarado†, por el amor y consejos que me brindaron y el haber sido instrumento de mi existencia.
- A mis amigas** Berenice y Patricia que siempre han estado conmigo desde la infancia.
- A mis compañeros** Erick, Vinicio, Miguel, Priscila, Francisco, Nidia, Guillermo, estuvieron conmigo en momentos duros e inolvidables, donde compartimos mucho de nuestro trabajo para llegar a esta meta.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
GLOSARIO	X
RESUMEN	XII
OBJETIVOS	XIV
INTRODUCCIÓN	XV
1. TELECIRUGÍA	1
1.1. Introducción	1
1.2. Telemedicina	1
1.2.1. Definición	2
1.2.2. Antecedentes históricos de la telemedicina	2
1.2.3. Áreas de aplicación	3
1.3. Telecirugía	4
1.3.1. Cirugía laparoscópica	4
1.3.2. Telepresencia	5
1.3.3. Telerobótica	5
1.3.4. Definición	5
1.3.5. Historia de la telecirugía	6
1.3.6. Aspectos tecnológicos	7
1.4. Requerimientos de la telecirugía	8
1.4.1. Tecnológicos	8
1.4.1.1. <i>Software</i>	9
1.4.1.2. <i>Hardware</i>	9
1.4.1.2.1. Manipuladores	9

1.4.1.2.2.	Interfaces humanas	11
1.4.1.2.3.	Maestro quirúrgico	11
1.4.1.2.4.	Guante	12
1.4.1.2.5.	Sensores de tacto	12
1.4.1.2.6.	Conjunto de sensores de tacto	12
1.4.1.2.7.	Despliegue visual	13
1.4.1.2.8.	La utilización del robot	13
1.4.1.3.	Humanos	14
1.5.	Tipos de intervención quirúrgica	14
2.	CIRUGÍA LAPAROSCÓPICA	15
2.1.	Introducción	15
2.2.	Conceptos generales de la cirugía	15
2.2.1.	Etimología y definición de la cirugía	15
2.3.	Cirugía laparoscopia	16
2.3.1.	Etimología y definición de la cirugía laparoscopia	16
2.3.2.	Antecedentes de la cirugía laparoscopia	18
2.3.3.	Antecedentes de la cirugía laparoscopia en Guatemala	24
2.4.	Equipo de la cirugía laparoscopia	25
2.4.1.	Laparoinsuflador	26
2.4.2.	Fuente de luz fría	27
2.4.3.	Fibra óptica	27
2.4.4.	Videocámara	28
2.4.5.	Monitor	29
2.4.6.	Videgrabadora	29
2.4.7.	Unidad electroquirúrgica	29
2.4.8.	Unidad hidrodissección	30
2.4.9.	Equipo de tercera dimensión	30
2.4.10.	Equipo de rayo láser	31

2.4.11.	Instrumental	31
2.4.11.1.	Instrumental óptico	31
2.4.11.2.	Instrumentales de acceso	32
2.4.11.3.	Instrumentales de disección	33
2.4.11.4.	Instrumentales de presentación	33
2.4.11.5.	Instrumentales de separación	34
2.4.11.6.	Instrumentales de extracción	34
2.4.11.7.	Instrumentales de lavado	35
2.4.11.8.	Instrumentales de síntesis	35
2.5.	Tipos de cirugía laparoscopia	35
3.	ROBOT EN LA TELECIROGÍA LAPAROSCÓPICA	37
3.1.	Introducción	37
3.2.	Robótica	37
3.2.1.	Historia de la robótica	38
3.2.2.	Definición de la robótica	40
3.2.3.	Leyes de la robótica	41
3.2.4.	Características de la robótica	41
3.3.	Automatización	42
3.4.	Definición del robot	42
3.4.1.	Características de un robot	44
3.4.1.1.	Grados de libertad	44
3.4.1.2.	Zonas de trabajo y dimensiones del manipulador	45
3.4.1.3.	Capacidad de carga	46
3.4.1.4.	Exactitud y frecuencia	46
3.4.1.5.	La resolución del mando	47
3.4.1.6.	Velocidad	47
3.4.1.7.	Coordenadas de los movimientos	47

3.5.	Cinemática	48
3.6.	Dinámica	49
3.7.	Telerobot	49
3.8.	Sensores para los robot en la telecirugía	50
3.8.1.	Sensores de contacto	50
3.8.2.	El sensor de contacto para presión.	51
3.9.	Tipos de robot en la telecirugía laparoscópica	52
3.9.1.	<i>Automated Endoscopic System for Optimal Positioning</i> (AESOP)	52
3.9.2.	ENDOASSIST	53
3.9.3.	Da VINCI	55
3.9.4.	ZEUS	58
3.10.	Diseño de un brazo robótico laparoscópico	59
4.	REDES EN LA TELECIURUGÍA	65
4.1.	Introducción	65
4.1.1.	Presentaciones	65
4.1.2.	Escabilidad	66
4.1.3.	Fiabilidad	67
4.1.4.	Seguridad	67
4.1.5.	Movilidad	67
4.1.6.	Calidad de servicio	68
4.1.7.	Multidifusión	68
4.2.	Conmutación	68
4.3.	Protocolos	69
4.4.	Tecnología que maneja la telecirugía	70
4.4.1.	Audio	70
4.4.2.	Video	72
4.5.	Tecnologías de descompresión y compresión	72

4.5.1.	Compresión y descompresión de audio	73
4.5.2.	Compresión y descompresión de video	73
4.6.	Tecnología de comunicación para la telecirugía	74
4.6.1.	Fibra óptica	74
4.6.2.	Microondas	75
4.7.	Tipos de redes	75
4.7.1.	Redes de área local	75
4.7.2.	Redes de área extensa	76
4.7.3.	Redes de área metropolitana	76
4.7.4.	Redes inalámbricas	76
4.7.5.	Interredes	77
4.8.	Redes aptas para la telecirugía	79
4.8.1.	Redes ATM multimedia	79
4.8.2.	Redes RDSI	81
4.8.3.	Redes virtuales (VPN)	81
4.9.	Internet2 para la telecirugía	83
4.10.	Estándar DICOM para la telecirugía	83
4.11.	Aspectos técnicos y recursos de seguridad aplicados en la telecirugía	84
4.11.1.	Seguridad de redes	84
4.11.2.	Cortafuego	86
4.11.3.	Ipssec	87
5.	LA REALIDAD VIRTUAL EN LA TELECIURUGÍA	89
5.1.	Introducción	89
5.2.	Definición de la realidad virtual	89
5.3.	Historia de la realidad virtual	90
5.4.	Realidad virtual en la telecirugía	91
5.5.	Componentes de un sistema de realidad virtual para la telecirugía	92

5.5.1.	<i>Hardware</i>	92
5.5.1.1.	Dispositivos de entrada	92
5.5.1.1.1.	Guante	93
5.5.1.1.2.	Traje	94
5.5.1.1.3.	Rastreadores	94
5.5.1.2.	Dispositivos de salida	95
5.5.1.2.1.	Equipos visuales	95
5.5.2.	<i>Software</i>	97
5.6.	Haptica	98
5.7.	Información para la telecirugía en la realidad virtual	101
5.7.1.	Bases de datos para tareas específicas	101
5.7.2.	Bases de datos conceptuales	101
5.7.3.	Bases de datos expertas e inteligentes	102
5.7.4.	Bases de datos en el espacio real	102
5.7.5.	Bases de datos multimedia	102
6.	TELECIRUGÍA LAPAROSCÓPICA EN GUATEMALA	103
6.1.	Introducción	103
6.2.	Avances tecnológicos en Guatemala	103
6.2.1.	Estructura de telecomunicación	104
6.3.	Pasos para la implementación de la telecirugía laparoscópica	105
6.3.1.	Límites y alcances	106
6.4.	Ventajas y desventajas	107
	CONCLUSIONES	110
	RECOMENDACIONES	112
	BIBLIOGRAFÍA	113

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Quirófano con aplicación de tecnología de telecirugía	8
2	Endo-plataform con pinzas para biopsia	10
3	Laparoscopia usando un brazo robótico	10
4	Maestro quirúrgico (pequeño)	11
5	Prototipo de guante desarrollado por Lara Crawford	12
6	Conjunto de sensores de tacto con medida de 1mm x 1mm	13
7	Cirugía laparoscopia	17
8	Ventajas y desventajas de la cirugía mínima invasiva	18
9	Espéculo vaginal Draearmigés	19
10	Instrumentos conductores de luz	20
11	Endoscopio Desormeaux	21
12	Citoscopio Nuze 1879	21
13	Aguja automática Goetze 1918	22
14	Primer insuflador de CO ₂	23
15	Luz fría	23
16	Pelviscopio	23
17	Laparoinsuflador	27
18	Fibra óptica	28
19	Videocámara	28
20	Monitor	29
21	Unidad electroquirúrgica	30
22	Laparoscopios	32
23	Trocares	32
24	Electro de disección y coagulación tipo de Hook y su cable de	

	Conexión monopolar de electrodo	33
25	Tijera laparoscópica Metzembraum	33
26	Grasper, Maryland y endoclinc	34
27	Endoretract II 10 mm	34
28	Tornera de dos vías	35
29	Endogia II 12 mm y cartuchos recargables	35
30	Cirugías laparoscopias realizadas	36
31	Robot manipulador	44
32	Robot con sus tipos de movimientos	45
33	Colectomía robótica con AESOP	53
34	ENDOASSIST	54
35	Robot Esclavo	56
36	Consola de Trabajo	57
37	Masters	57
38	Sistema robótico telequirúrgico ZEUS	58
39	Movimiento del laparoscopio con asistencia robótica y volumen de trabajo	59
40	Brazo robótico	60
41	Ejes del brazo robótico	61
42	Interfase de control	62
43	Comparación de tipos de redes	78
44	Aspectos importantes del producto de <i>software</i>	79
45	Protocolo ATM	80
46	Redes multimedia cascada	80
47	Red virtual	81
48	Red privada virtual	82
49	Sistema cortafuegos	87
50	Guante	94
51	Gafas de obturación	96

52	HDM	96
53	Estación de inmersión de cirugía laparoscopia	99
54	Sistema Vest entrenador de cirugía endoscópica	99
55	Plataforma simuladora laparoscópica Xitact LS500	100

GLOSARIO

Mínima invasión	Significa penetración pequeña.
<i>Feedback</i>	El <i>feedback</i> puede ser positivo o negativo. Este último caracteriza la homeostasis y desempeña un papel importante en conseguir y mantener la estabilidad de las relaciones. El <i>feedback</i> positivo en cambio, conduce al cambio, es decir, la pérdida de estabilidad o equilibrio.
Intraabdominal	Cavidad abdominal, interior del abdomen.
Capacitancia	La capacitancia es la capacidad que tienen los conductores eléctricos de poder admitir cargas cuando son sometidos a un potencial. Se define también, como la razón entre la magnitud de la carga (Q) en cualquiera de los conductores y la magnitud de la diferencia de potencial entre ellos (V). Es entonces la medida de la capacidad de almacenamiento de la carga eléctrica.
Inmunosupresión	Prevención o inhibición del sistema inmune para que no responda adecuadamente a las enfermedades o infecciones.
Escisión	Extirpación de un tejido o un órgano.
CO₂	Dióxido de carbono, gas en mínima concentración es inofensivo incoloro, inodoro.

Cistoscopia	Examen del interior de la vejiga de la orina por medio del cistoscopio.
Proctoscopia	Rectoscopia, examen óptico del recto por vía anal.
Laringoscopia	Exploración de la laringe y de partes de inmediatas a ella.
Colecistectomía	Cirugía para extirpar la vesícula biliar.
Neumoperitoneo	Colección de gas intraabdominal.

RESUMEN

La tecnología aunada con otras ciencias se encarga de romper barreras y al unificarse a ellas puede proporcionar soluciones a grandes problemas de la sociedad, brinda servicios médicos a lugares lejanos y dificultosos de llegar.

Los avances en la tecnología de redes ha ayudado de gran manera a que la telecirugía laparoscópica sea un éxito, porque ahora la transmisión de las imágenes durante la cirugía tiene retardos no percibidos por el ojo humano, además de lograr que las cirugías sean un éxito en el paciente, que después de la recuperación de la cirugía no presenta problemas posteriores.

Las redes informáticas de telecomunicaciones en general y en especial Internet presentan campos de aplicación que se hacen especialmente relevantes en el área de la cirugía laparoscópica.

Los robot en la telecirugía comúnmente son autónomos, los que necesitan de un programa diseñado para realizar ciertas actividades y esclavos, los que no tienen capacidad de movimiento autónomo y son absolutamente dependientes.

La realidad virtual ayuda a crear un ambiente en el ciberespacio que se asemeja a la anatomía humana para que el médico tenga la facilidad de poder dar instrucciones precisas al robot que puede localizarse al otro lado del mundo y éste realice las indicaciones exactas en la cirugía, hace el ambiente real para el médico cirujano que está practicando la laparoscopia

Los avances de la telemedicina y la telecirugía en Guatemala no son muy grandes debido a la limitación de todos los recursos expuestos anteriormente; así como la poca cultura de desarrollo y vanguardismo que se muestra en el país.

OBJETIVOS

- **General**

Realizar un estudio documentado de toda la tecnología que ha sido utilizada para poder realizar cirugía a grandes distancias del cirujano. En este documento se hablará específicamente de la telecirugía laparoscópica.

- **Específicos**

1. Proporcionar información necesaria de las tareas y actividades que realiza la tecnología con ciencias distintas como la medicina, colocando como ejemplo la telemedicina.
2. Identificar toda ventaja proporcionada por la telecirugía.
3. Especificar el tipo de tecnología utilizada y posible por utilizar en la telecirugía laparoscópica.
4. Investigar el avance que se ha dado en Guatemala con respecto a la telecirugía laparoscópica.
5. Mostrar los aportes que se dan con el avance tecnológico en la telecirugía laparoscópica

INTRODUCCIÓN

Telemedicina es el más claro de los ejemplos, de que las ciencias llegan a un punto de encuentro. Desarrolla el potencial de las telecomunicaciones llevándolas a un nuevo nivel: el de ser indispensables en el desarrollo humano y social. La historia se escribe en este momento, al poder aplicar todos los conocimientos de medicina y tener un doctor en casa sin salir de ella y sin que el médico salga de la suya. Esta rompe la barrera de la distancia de la manera más sutil que el hombre algún día imaginara.

La telemedicina surge en respuesta a la necesidad del ser humano de obtener ayuda médica en los lugares más recónditos del mundo, es decir la necesidad de tener una consulta facultativa y clínica sin la presencia física de un doctor, por medio de las telecomunicaciones; hace que el paciente reciba atención médica de manera pronta y efectiva.

Una de las más nuevas e importantes áreas de desarrollo de la telemedicina, es la telecirugía. La telecirugía se vale de diferentes áreas tecnológicas, como la robótica, la realidad virtual y las telecomunicaciones para poder enlazar al paciente con el médico y que este pueda realizar un procedimiento quirúrgico como uno de mínima invasión denominado cirugía laparoscópica.

En este trabajo de graduación se presenta un estudio estructurado donde se describen los requerimientos mínimos de la telecirugía laparoscópica, partiendo de la definición e identificación de las características de ella. Se encuentra breve explicación del trabajo de la cirugía laparoscópica y la importancia de la seguridad en ella.

Se identifican las áreas tecnológicas con las cuales trabaja la telecirugía, empezando con la robótica explicando la tecnología que se pueda utilizar para la creación de un robot quirúrgico, precediendo la tecnología de redes de telecomunicación existentes que puedan ser de mucha utilidad para armar la comunicación entre una estación quirúrgica lejana de la presencia del médico.

La realidad virtual se encarga de presentar la manera correcta de poder teletransportar al doctor a la estación quirúrgica empleando instrumentos especiales que ayudan a cumplir con la tarea de percepción del médico.

Y para concluir, se identifica el avance que la telecirugía laparoscópica ha tenido en Guatemala; así como contribuyendo a definir los recursos que se necesitarían para su implementación y desarrollo.

1. TELECIRUGÍA

1.1. Introducción

Los cambios que surgen con los avances tecnológicos, influyen en la sociedad con el propósito de dar soluciones a los problemas con que se enfrenta la humanidad, encontrándose entre ellos la distancia y el tiempo, eliminando barreras estructurales que han dividido las ciencias como unidad creando entre ellas lazos inexorables.

La telecirugía es un sistema híbrido de dos ciencias importantes en la sociedad: la medicina y la informática, probando que su unión ayuda a la sociedad a tener acceso a la medicina y sus especialistas en circunstancias que en tiempos anteriores significaba la muerte.

A continuación se conceptualiza la telecirugía, especifica su descendencia, define sus términos e identifica sus características, componentes y recursos necesarios para poder desarrollarla.

1.2. Telemedicina

De la ardua e incansable aplicación de las innovaciones tecnológicas, de la comunicación y la labor constante del cuidado de la salud del ser humano, emerge un sistema denominado telemedicina.

1.2.1. Definición

La telemedicina es la atención médica (consulta, operaciones, etc.) que se realiza a un paciente sin la necesidad de que se encuentre personalmente el doctor o especialista en cualquier área de medicina, utilizando lo más novedoso en la tecnología que acorta las dificultades que ocurren con gran frecuencia en la actualidad como distancia, transporte, falta de personal capacitado y otras más.

Es por tanto, cualquier actividad médica sin necesidad de contacto físico entre el profesional sanitario y el paciente, ni de los profesionales sanitarios entre sí. La telemedicina posee un gran impacto sobre las estructuras sanitarias ya que facilita de un modo formidable el acceso a la asistencia esté donde esté el paciente o el profesional que le atiende.

1.2.2. Antecedentes históricos de la telemedicina

Para poder explicar el cómo y cuándo apareció la telemedicina implica remontarse a un tiempo impreciso. La historia de la telemedicina se remonta a muchos años atrás, es decir que es más antigua de lo esperado, ya que probablemente hubiese quien practicara telemedicina sin comprender el concepto, pero desde una perspectiva histórica documentada se puede decir que la telemedicina recién está en sus comienzos, dado que la mayoría de los trabajos se han realizado en el siglo XX, especialmente en los últimos 20 ó 30 años.

Existen antecedentes del año 1725 que relatan experiencias en las cuales los pacientes enviaban muestras de orina a un renombrado médico que vivía en otra ciudad, quien luego de analizar la muestra enviaba una carta al paciente, la cual contenía un diagnóstico, una receta y una dieta, para que el paciente se curase; sin darse cuenta ambos que estaban practicando la telemedicina.

Los avances principales del conocimiento de la telemedicina surgen en los años 70 y especialmente en los 80. Con la revolución de las computadoras personales y en los 90 se dio el verdadero crecimiento y desarrollo de ella, con el avance de las redes de telecomunicaciones y de Internet, donde comienzan a aparecer sus primeras aplicaciones.

La telemedicina ha permitido realizar delicadas intervenciones médico quirúrgicas dirigidas por especialistas desde puntos tan alejados como Alemania o Estados Unidos en las guerras del golfo Pérsico, Yugoslavia y Somalia con resultados satisfactorios. La medicina en la milicia ha sido la pionera en el uso de la telemedicina y hoy en día, los modernos ejércitos disponen de estos sistemas como parte básica de su infraestructura militar y sanitaria.

Empresas que necesitan ubicar a sus trabajadores en zonas despobladas con escasos recursos sanitarios y áreas rurales alejadas de las grandes ciudades con gran dificultad de comunicación han implementado este recurso para poder tener un rápido y eficiente acceso a la más moderna tecnología médica bajo la supervisión y el apoyo de expertos en cada área. Además se han desarrollado en diferentes centros prestigiosos, programas de telemedicina aplicándolas en las consultas, diagnósticos e incluso en la tele-asistencia quirúrgica.

1.2.3. Áreas de aplicación

A continuación se mencionan algunas de las aplicaciones clasificándolas de acuerdo con su orientación fundamental y el tipo de tecnología asociada.

- Diagnóstico por imagen: tele-radiología, tele-dermatología, tele-oftalmología, tele-patología, tele-citología, tele-endoscopia.

- Telemetría: tele-cardiología, tele-oftalmología, tele-neurología, tele-emergencia.
- Telerobótica: tele-cirugía, tele-endoscopía, endoscopía virtual.
- Control de enfermedad: tele-oncología, tele-emergencia, tele-ortopedia, tele-pediatría, tele-psiquiatría.
- Ingeniería médica: tele-bioingeniería, tele-ingeniería clínica.
- Docencia: tele-supervisión, tele-soporte domiciliario, tele-rehabilitación.
- Gestión: tele-epidemiología, tele-salud pública, tele-radioseguridad, tele-bioseguridad.

1.3. Telecirugía

Para poder describir de una forma muy sencilla la telecirugía, hay que situarse en el caso de emergencia médica en donde a una persona se necesite practicarle una cirugía, y el cirujano especialista no se encuentra cerca sino a muchos kilómetros de distancia o en otra ciudad, esto ya no es un problema porque para ello cuenta con la telecirugía que ayudará al doctor realizar la operación a través de la telepresencia.

1.3.1. Cirugía laparoscópica

La cirugía laparoscópica se enfoca a un tratamiento quirúrgico de mínima agresión disminuyendo lesiones ocasionadas en una cirugía normal.

1.3.2. Telepresencia

Término creado por Marvin Minsky que significa presencia remota; es un medio que proporciona a la persona la sensación de estar físicamente en otro lugar por medio de una escena creada por computadora. Es una experiencia psicológica que ocurren cuando la tecnología de simulación funciona lo suficientemente bien como para convencer al usuario de que está en un mundo virtual.

1.3.3. Telerobótica

Es el manejo de un instrumento remotamente por parte del operador el cual realiza tareas de forma pre-programada y el operador actúa como supervisor.

1.3.4. Definición

Telecirugía es una aplicación específica de la telemedicina en donde la telecirugía es parte de la telemedicina mientras que la telemedicina abarca muchas más aplicaciones, es decir cuando hay telecirugía hay telemedicina, pero cuando hay telemedicina no necesariamente se encuentra la telecirugía.

La telecirugía es una aplicación de la tecnología y medicina la cual permite al cirujano operar o guiar una operación desde lugares remotos. Tiene la virtud de llevar la atención médica hacia dichos lugares donde se pueden efectuar consultas quirúrgicas en tiempo real desde cualquier parte de la tierra, incluso a través de conexiones vía satélite.

Sin embargo, se pensaba que la realización a distancia de una intervención quirúrgica de cierta importancia no podría contemplarse en un futuro cercano por unas

limitaciones técnicas evidentes. Los principales factores limitantes se clasificaban en dos categorías:

- El relativo alto tiempo necesario para convertir los movimientos quirúrgicos y las imágenes de vídeo en señales electrónicas.
- Las limitaciones de las telecomunicaciones en cuanto a anchura de banda y tiempo de transmisión especialmente en países subdesarrollados.

La posibilidad del desarrollo de la telecirugía, realizada por robot quirúrgicos teledirigidos a distancia por los mejores expertos cirujanos, abre posibilidades fascinantes. Con ello se eliminarían las restricciones geográficas, los costosos traslados de pacientes a centros de alta especialización o la escasez local de cirujanos muy especializados, mientras la contrapartida podría ser disponer en cualquier momento y lugar de la tierra de la habilidad y sabiduría del mejor cirujano del mundo.

1.3.5. Historia de la telecirugía

Las primeras aplicaciones de la telecirugía fueron en el área de veterinaria donde se marcó el inicio de esta disciplina; ya que los animales eran blanco de experimentos. Actualmente la telecirugía se sigue aplicando en esta área.

En 1992 se realizaron dos investigaciones importantes en el avance de la cirugía robótica que contribuiría al avance de la telecirugía, el doctor Stephen Jacobsen desarrolló brazos y manos robóticas que a través de control inalámbrico imitan los movimientos humanos y el ingeniero Philippe Green de Standford Research Institute desarrolló prototipos de sensores y efectores maestro-esclavo para realizar la manipulación remota.

En 1995 el Dr. Jack Himpens intervino a los primeros cinco pacientes con casos de cirugía laparoscópica por telepresencia a corta distancia, dentro del mismo quirófano en el hospital St. Blasius, en Bélgica.

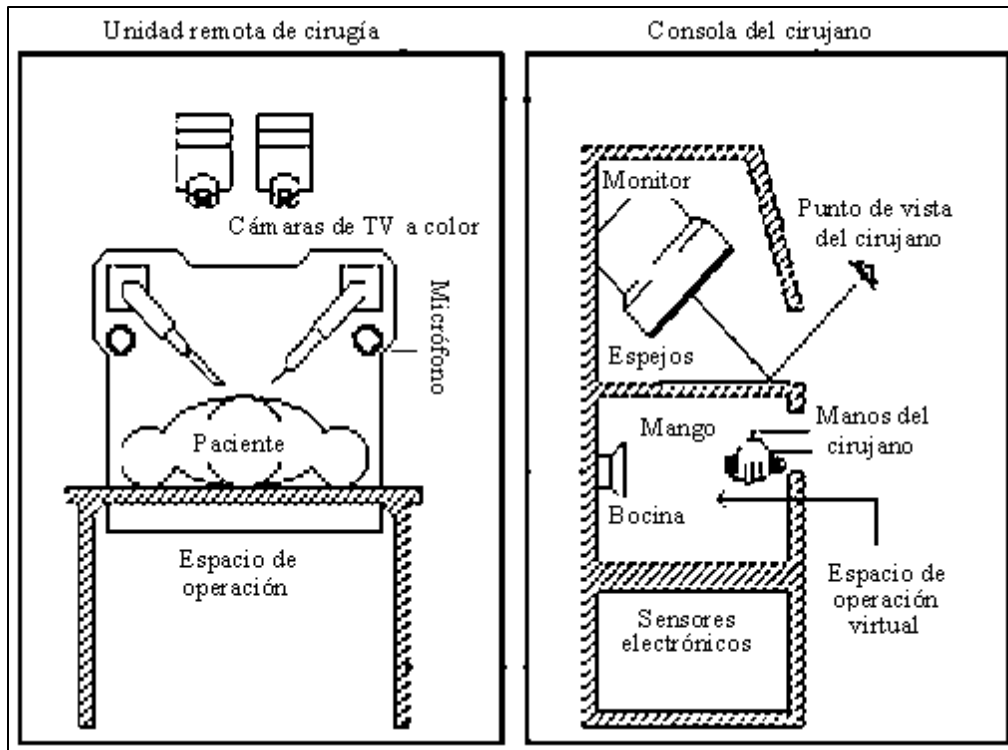
Entre 1998 al 2001 un grupo de ingenieros de México Bélgica y Estados Unidos se concentraron en el diseño de un robot llamado Zeus el cual utilizaron para la investigación, análisis y desarrollo de la cirugía de telepresencia en el cual el cirujano aporta sus conocimientos y el robot esclavo, manejado por un operador, ejecuta las órdenes del cirujano.

El 7 de septiembre del 2001 el Dr. Jaques Marescaux realizó una colecistectomía Laparoscopica (extirpación de la vesícula biliar) a una mujer de 68 años que se encontraba en Estrasburgo y los cirujanos en Nueva York, una distancia de siete mil kilómetros, maniobrando a control remoto un robot mediante la tecnología de fibra óptica el cual envió y recibió señal de imagen a una velocidad de 150 milisegundos, y con una demora de poco más de una décima de segundo, el cual fue poco imperceptible.

1.3.6. Aspectos tecnológicos

Como en la (figura 1) el sistema que permite efectuar este tipo de cirugía cuenta con el equipo mínimo que consta de un brazo robot equipado con un endoscopio, dos videos alimentados con los datos correspondientes que pasan desde la sala de operaciones hasta el lugar remoto donde se encuentra el cirujano uno es una vista de la sala de operaciones y el otro exhibe la imagen del paciente, cauterizador y un dispositivo coagulante, se determina que la telecirugía esta orientada a la telerobótica.

Figura 1. Quirófano con aplicación de tecnología de telecirugía



Adaptado de: <http://www.geocities.com/ResearchTriangle/Campus/3327/hardware.html>

1.4. Requerimientos de la telecirugía

Requerimiento se le llama a los elementos que necesita un sistema para poder cumplir exitosamente con su funcionamiento, la telecirugía como todo sistema necesita cumplir con una cantidad de requerimientos para trabajar. Estos se dividen en dos principales los cuales son:

1.4.1. Tecnológicos

Los requerimientos tecnológicos son todos aquellos referentes a las herramientas intrínsecas que se necesiten para poder realizar la telecirugía, se dividen:

1.4.1.1 Software

El *software* es el conjunto de programas que se encargan de realizar la comunicación de redes, interfaz entre los usuarios, el manejo de los robot que realizan las tareas de los operadores; varía según la compañía encargada de realizar la cirugía. Se han desarrollado algunas aplicaciones gráficas que muy pronto podrían ser utilizadas de forma estándar. Estas aplicaciones permitirán examinar la utilidad del despliegue predecible tratando el problema del tiempo de retraso.

Con este *software* el médico puede ver a través del paciente, estructuras gráficas virtuales que están fusionadas en tiempo real con video en vivo en una sala local de operaciones, simultáneamente este dato es difundido en LAN, ISDN o internet y está disponible en sitios remotos.

1.4.1.2 Hardware

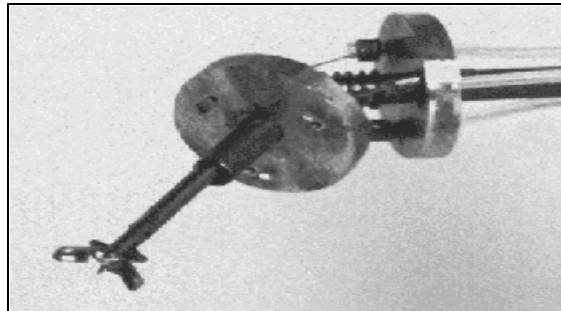
El *hardware* involucra toda tecnología tangible que es utilizada para poder realizar una operación a través de la telepresencia. La telecirugía necesita de una estación de trabajo telequirúrgico el cual incorpora una serie de computadores que controlan dos manipuladores robóticas con hábil destreza y sentidos tangibles, dispositivos maestros con fuerza y retroalimentación tangible, imágenes perfeccionada y sistemas de video en tercera dimensión.

1.4.1.2.1 Manipuladores

Son máquinas-herramienta, simulando el comportamiento de una mano, programables capaces de mover partes u otras herramientas mediante una secuencia preespecificada de movimientos.

- Endo-plataforma: permite el más fino control de las ubicaciones de las herramientas endoscópicas. Un endoscopio es típicamente un tubo flexible de 70 a 180 centímetros de longitud de 11 milímetros de diámetro (figura 2).

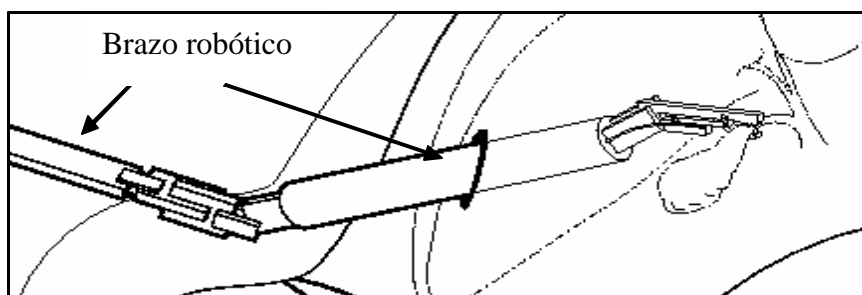
Figura 2. Endo-plataform con pinzas para biopsia



Fuente: <http://www.geocities.com/ResearchTriangle/Campus/3327/hardware.html>

- Manipuladores laparoscópicos: se encargan de transmitir los movimientos de la mano del cirujano, son sujetadores de agujas comunes (figura 3).

Figura 3. Laparoscopia usando un brazo robótico



Fuente: <http://www.geocities.com/ResearchTriangle/Campus/3327/hardware.html>

1.4.1.2.2. Interfaces humanas

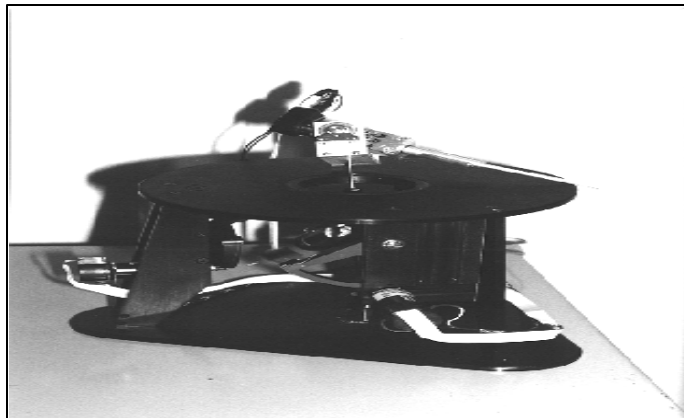
Proporcionar al cirujano el control del manipulador retornando la sensación y destreza de abrir en una cirugía, a través del recibimiento del *feedback* y el control del manipulador. Este componente es crucial de la estación de trabajo para la telecirugía.

Las interfaces humanas son una parte crucial de la estación de trabajo para la telecirugía. Es importante proporcionar al cirujano (con una interfase intuitiva) el control del manipulador y el recibimiento del *feedback*, restaurando la destreza y la sensación correspondientes de abrir en una cirugía.

1.4.1.2.3. Maestro quirúrgico

Proporciona la fuerza y retroalimentación táctil al cirujano con la plataforma de la cirugía laparoscópica. Es la interfase primaria entre el cirujano y la plataforma de cirugía laparoscópica con 7 grados de libertad, o 7 movimientos que puede realizar. (figura.4).

Figura 4. Maestro quirúrgico (pequeño)

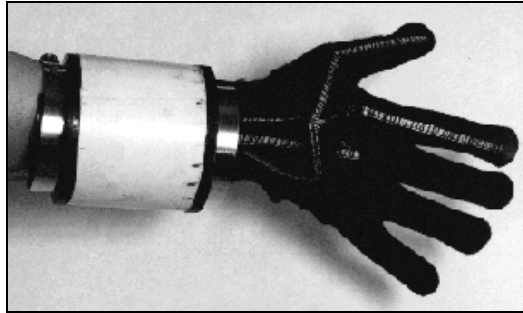


Fuente: <http://www.geocities.com/ResearchTriangle/Campus/3327/hardware.html>

1.4.1.2.4. Guante

Se ha desarrollado un prototipo de guante como dispositivo que siente la posición de los dedos y la muñeca del cirujano a través de los sensores del índice, pulgar y el de los movimientos de la muñeca (figura 5), el guante proporciona un significado más natural del control.

Figura 5. Prototipo de guante desarrollado por Lara Crawford



Fuente: <http://www.geocities.com/ResearchTriangle/Campus/3327/hardware.html>

1.4.1.2.5. Sensores de tacto

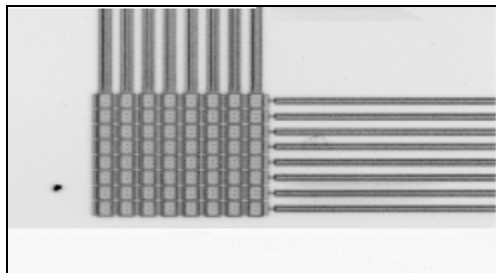
La sensación del tacto es extremadamente importante en una cirugía abierta ya que permite al cirujano sentir las estructuras encajadas en el tejido. Importantes recipientes y ductos están usualmente cubiertos dentro de tejidos conectados, el teletacto permite sensaciones y muestra la información del tacto al cirujano, puede ser usado para sentir las propiedades del contacto remotamente.

1.4.1.2.6. Conjunto de sensores de tacto

Es un arreglo de ocho por ocho celdas de capacidad sensorial cubierto por una capa de goma que sirve como filtro espacial de pase bajo (figura 6), este sensor es montado en un manipulador laparoscópico.

Se ha diseñado una variedad de pequeños sensores de tacto para ser montados dentro de un manipulador laparoscópico. Cada sensor consiste de un arreglo ocho por ocho celdas de capacidad sensorial cubierto por una capa de goma que sirve como filtro espacial de pase bajo. Cuando la presión es aplicada al arreglo, la resultante deformación causa cambios en la capacitancia de las celdas afectadas. Por lo tanto el contacto no sólo puede ser detectado sino el contacto puede ser localizado y un perfil de las fuerzas de contacto puede ser conjeturado. Se ha fabricado un gran número de sensores, alcanzando desde un milímetro de superficie (micro sensor) hasta ocho por veinte milímetros de goma de silicón sensorial.

Figura 6. Conjunto de sensores de tacto con medida de 1mm x 1mm



Fuente: <http://www.geocities.com/ResearchTriangle/Campus/3327/hardware.html>

1.4.1.2.7. Despliegue visual

Sirve para la percepción visual del cirujano en la cirugía que realice, son sistemas simples que constan de una cámara monoscópica, que limita el trabajo correcto y preciso de la manipulación.

1.4.1.2.8. La utilización del robot

El robot sirve para la realización de la integración de la información y la acción, donde la computadora transforma los movimientos del cirujano en señales electrónicas

que transmite al robot para que las emule. El resultado estará ejecutando un procedimiento con gran habilidad, exactitud y precisión lo más humanamente posible.

Un brazo robótico realiza con mayor precisión el control que un dispositivo manual además de ser programados para evitar errores de acuerdo al cirujano. Existen varios tipos de robot utilizados en diferentes tratamientos quirúrgicos.

1.4.1.3. Humanos

Al hablar de los requerimientos humanos se explica al perfil del personal adecuado para trabajar con la telecirugía, el cual es muy importante ya que para manejar esta nueva tecnológica involucra conocimientos especializados en el campo.

- Cirujano especializado: el cirujano debe contar con experiencia en el manejo de aparatos (robot, dispositivos de telecirugía).
- Profesional especializado: el técnico se encarga del análisis, desarrollo y mantenimiento correcto del sistema. El técnico se involucra desde el creador de la red hasta el programador del robot.

1.5. Tipos de intervención quirúrgica

Existen varios tipos de cirugías que se han puesto en práctica con la telecirugía, entre ellas se encuentra las cirugías de mínima invasión, también se encuentra con poco auge la neurocirugía por el grado de dificultad alto que tiene para realizarla. Pero el trabajo investigativo de la telecirugía se manifiestan en las áreas no sólo antes mencionadas también esta en la cirugía cardiaca, ginecológica, columna vertebral, pediátrica, urológica y fetal intrauterina

2. CIRUGÍA LAPAROSCÓPICA

2.1. Introducción

Muchos tratamientos quirúrgicos son eficaces pero siempre se acompañan de una gran agresión al paciente. Agresión se define como la herida causada debido a la intervención quirúrgica de la cual el paciente se tiene que recuperar. Este comportamiento muestra con claridad el paradigma biomédico de la relación entre la atención médica o quirúrgica del enfermo.

En esta ocasión se desarrolla la solución del paradigma biomédico, el cual expresa la controversia que para poder solucionar un problema de salud, el paciente debe sufrir una herida y sanársela, llamada cirugía laparoscopia.

2.2. Conceptos generales de la cirugía

La práctica de la cirugía se remonta a muchos años atrás. Fue desarrollada por la biomédica que se encarga de la medicina clínica basada en los principios de la fisiología y la bioquímica.

2.2.1. Etimología y definición de la cirugía

Cirugía palabra que viene del griego cheir = mano y ergo = obra que significa obrar con las manos.

Hipócrates, llamo a la cirugía el arte de curar con las manos. Mientras que el profesor Halsted, cirujano del hospital americano de J. Hopkins, sistematizó y organizó la cirugía en tres principios:

- División de tejidos
- Disección y escisión de órganos
- Reparación y aproximación de los mismos

2.3. Cirugía laparoscopia

El paradigma biomédico evoluciona, con rapidez, para dar como resultado una disminución en la agresión y una tranquilidad mayor del paciente ya que la enfermedad postoperatoria (agresión quirúrgica) se vuelve menos riesgosa. De dicho avance se han desplegado varias filosofías en la disminución de la enfermedad postoperatoria en la cual se han desarrollado tratamientos quirúrgicos de mínima agresión.

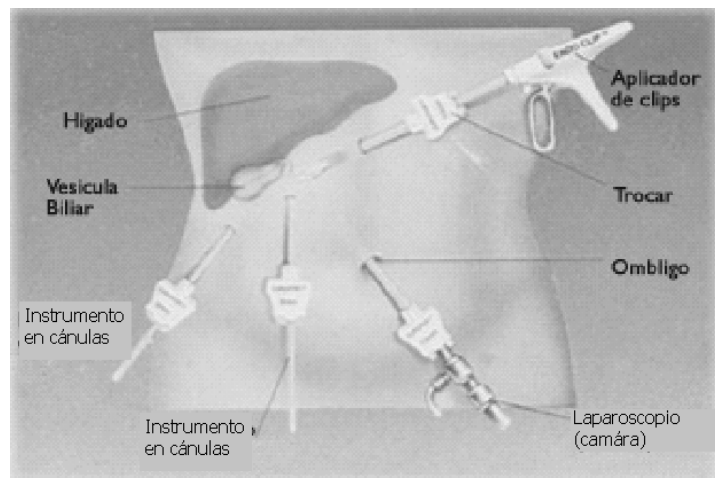
2.3.1. Etimología y definición de la cirugía laparoscopia

El término laparoscopia se deriva de las raíces griegas lapára que significa abdomen y skopéin que significa examinar, Su significado técnico es absolutamente un “procedimiento diagnóstico en el cual se examina el interior de la cavidad peritoneal, con un instrumento llamado laparoscopio”.

La cirugía laparoscópica es parte de la evolución del paradigma biomédico ya que se enfoca a un tratamiento de mínima agresión, dado que su principal objetivo es la disminución del traumatismo que implica la realización de una laparotomía así como la manipulación intraabdominal de las vísceras (figura 7). A lo antes mencionado se le denomina cirugía “mínimamente invasiva” o de “mínimo acceso”, y la cirugía laparoscópica entra en esta clasificación de cirugías.

Entre los cirujanos se ha mostrado un gran interés por la cirugía laparoscópica porque sus observaciones han mostrado que se acompaña de una menor inmunosupresión y una mejor respuesta a la infección peritoneal, además de que presenta las ventajas con que cuenta una cirugía mínima invasiva, descrita en la figura 8.

Figura 7. Cirugía laparoscopia



Fuente: <http://www.quik.guate.com/ebehrens/medio3.htm>

Figura 8. Ventajas y desventajas de la cirugía mínima invasiva

CIRUGÍA MÍNIMA INVASIVA	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
1. Disminución en la agresión quirúrgica.	1. Aprendizaje se vuelve complicado.
2. Rápida mejora del paciente.	2. Completamente dependiente de la tecnología.
3. Menor agresión en la enfermedad postoperatoria.	3. Limitada la aplicación en todas las cirugías.
4. Menos tiempo de estadía en el hospital.	4. Manipulación y extracción del espécimen más compleja.
5. Disminución en las complicaciones después de las heridas operatorias.	5. Gran complejidad técnica.
6. Menos complicaciones por adherencia (unión en las heridas).	

Adaptado de: <http://www.cirujanosdechile.cl/Revista/vol53ago2001/!CIR401C.PDF>

2.3.2. Antecedentes de la cirugía laparoscopia

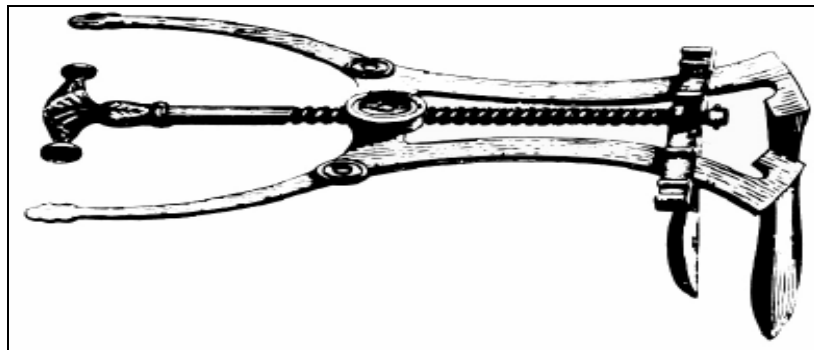
Un cirujano durante siglos ha tratado los traumatismos, fracturas, hemorragias, torceduras, heridas. Para poder realizar su labor ha contado con la tecnología que se le ha proporcionado en cada época desde que los instrumentos utilizados fueron realizados con los materiales, el pedernal (instrumento hecho de piedra) la madera y el hueso que fue con lo que iniciaron en tiempos remotos.

La cirugía moderna fue concebida por el cirujano Ambrosio Paré conocido como el cirujano más importante del renacimiento, cuenta con una trayectoria importante

desarrollada en la segunda mitad del siglo XVI, en la cual como médico militar trató las primeras heridas de arma de fuego, realizó la ligadura de los vasos sanguíneos lesionados, desarrollando nuevas técnicas en el tratamiento de las heridas abandonando el tratamiento clásico del cauterio (quemar las heridas para cicatrizar rápido y seguro) o el aceite hirviendo. Es el primero en obtener una menor agresión cambiando el paradigma del tratamiento.

Aunque la exploración laparoscópica se ha practicado como tal desde principios de siglo XVIII, no es hasta finales del decenio de 1980 cuando se presenta una difusión explosiva, debido por una parte a los grandes avances tecnológicos y, por otra, a que la videograbación de los procedimientos quirúrgicos ha facilitado su difusión, lo que ha permitido su rápida aceptación y expansión. En el siglo XVIII el espéculo vaginal (figura 9) fue impulsado por el ginecólogo Arnaud, ya que era un instrumento utilizado para las tareas de inspección u operaciones en la vagina de la mujer.

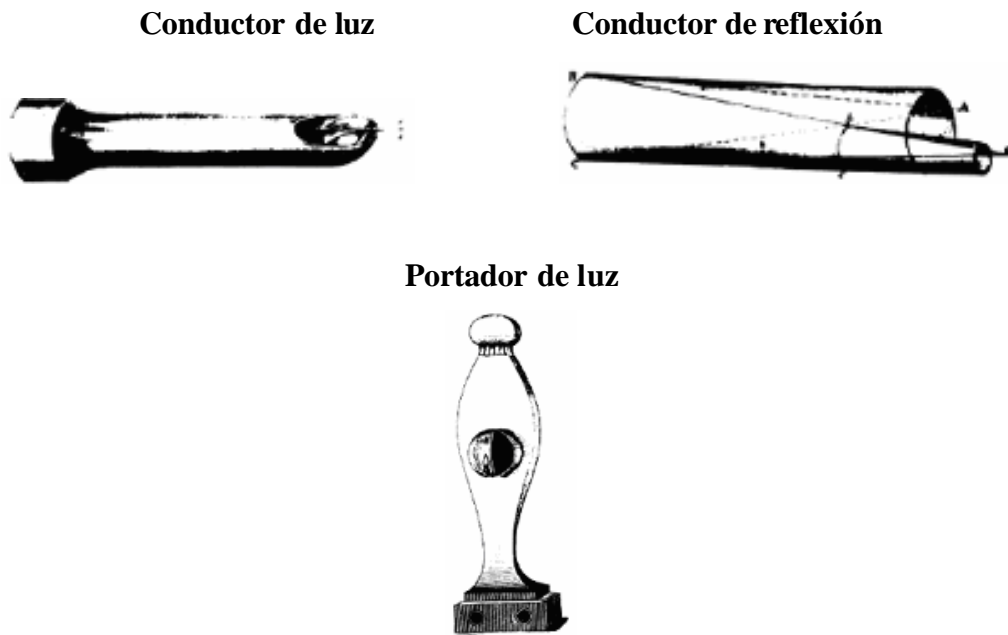
Figura 9. Espéculo vaginal Draearmigés



Fuente: <http://www.med.uchile.cl/otros/laparosc/cap01.pdf>

En 1805, Bozzini, en Frankfurt, utilizó por vez primera una cánula de doble luz, una vela y un espejo que refleja la luz (figura 10), para observar cálculos y tumores de la vejiga, desde ese instante nació la endoscopía moderna.

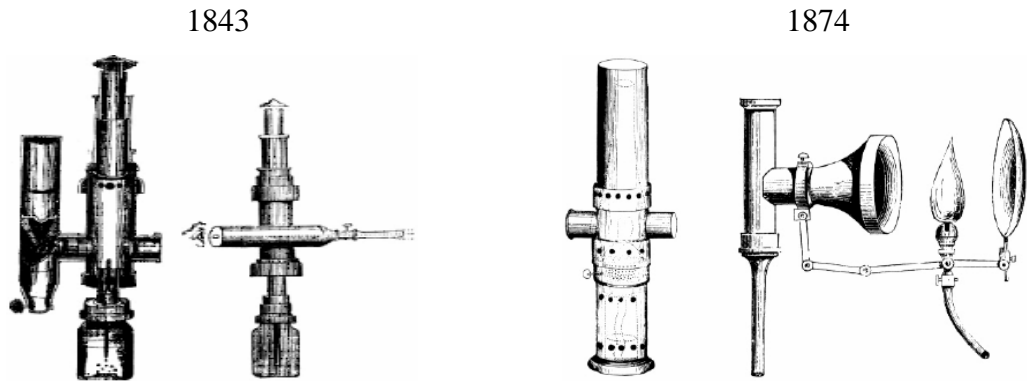
Figura 10. Instrumentos conductores de luz



Fuente: <http://www.med.uchile.cl/otros/laparosc/cap01.pdf>

El primer endoscopio usaba un alambre “incandescente” de platino en la punta, fue presentado el 29 noviembre de 1843 (figura 11). El desarrollo de la anestesia iniciada desde 1846, es el paso importante de la cirugía de la mínima agresión.

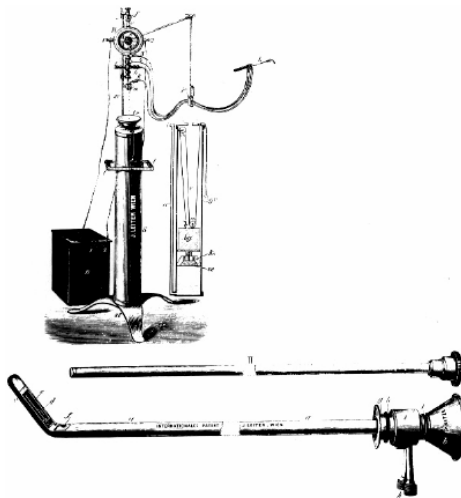
Figura 11. Endoscopio Desormeaux



Fuente: <http://www.med.uchile.cl/otros/laparosc/cap01.pdf>

En 1878 fue colocado en la punta de un endoscopio una lámpara de incandescencia (figura 12), en el decenio de 1890 los sistemas ópticos también fueron mejorados del riesgo de quemaduras en su interior que podrían sufrir los pacientes, y para esas fechas la cistoscopia, la esofagoscopia, la proctoscopia y la laringoscopia ya eran procedimientos comunes.

Figura 12. Citoscopio Nuze 1879

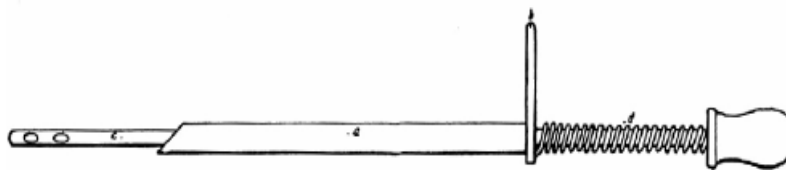


Fuente: <http://www.med.uchile.cl/otros/laparosc/cap01.pdf>

La primera exploración en una “cavidad cerrada” fue realizada en 1902 se atribuye a George Kelling, quien observó los intestinos de una perra con su estómago lleno de aire, describió este método como celioscopia. Nueve años más tarde, Jacobaeus, cirujano sueco, efectuó y publicó sus estudios de laparoscopia, con la cual identificaba sífilis, tuberculosis, lesiones malignas y cirrosis. En 1915 desarrollo un toracoscopio y un cauterio de punta caliente, para el tratamiento de lesiones cavitarias tuberculosas. Dio como resultado la intervención a un ser humano en 1919. En 1925 ya se hacían estudios acerca de la utilidad de la laparoscopia y de la absorción del aire insuflado en la cavidad.

Götz y Veress en 1918 y 1924 respectivamente, diseñaron agujas que permitían una entrada más segura de los trocares (figura 13). Contaban con un obturador disparado por resorte, el cual, al atravesar el peritoneo, cubría el bisel de la aguja, para evitar lesión visceral y hacer más seguro el procedimiento de neumoperitoneo.

Figura 13. Aguja automática Goetze 1918



Fuente: <http://www.med.uchile.cl/otros/laparosc/cap01.pdf>

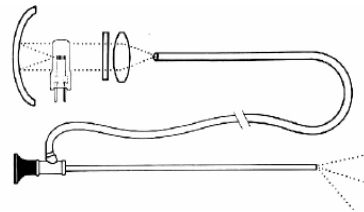
Hasta 1929 estos procedimientos se efectuaban con una sola punción, por donde se introducía el endoscopio. La técnica de dos punciones fue introducida por Kalk para movilización de las vísceras utilizando otro instrumento. La primera lisis de adherencia fue hecha por Fervers en Estados Unidos en 1933, y la primera esterilización tubaria se atribuye a Boesh, de Suiza, en 1936.

En 1962 el cirujano e ingeniero Kart Semm en Alemania desarrolló un aparato de insuflación (figura 14) que registraba la presión intraabdominal y el flujo de gas, desarrollo el sistema de irrigación. A él se debe también el refinamiento de técnicas de salpingoclasia, salpingostomía, salpingólisis, ooforectomía, lisis de adherencias y sutura intestinal, toma de biopsias de tumores y apendicectomía laparoscópica. También desarrolló la luz fría (figura 15), transmitido a través de fibra óptica, y con este trabajo disminuyeron los peligros más importantes de la laparoscopia.

Figura 14. Primer insuflador de CO2



Figura 15. Luz fría



Fuente: <http://www.med.uchile.cl/otros/laparosc/cap01.pdf>

En 1968 realizaron el primer pelviscopio de 5mm de diámetro con 30 grados de ángulo visual, realizados con unas tijeras de enganche (figura 16).

Figura 16. Pelviscopio



Fuente: <http://www.med.uchile.cl/otros/laparosc/cap01.pdf>

El cambio en la cirugía general se fue dando por los años 1986 y 1987 donde el cirujano Mouret en Lyon Francia extirpó con instrumental pelviscópico la primera vesícula. El cirujano H. Reich en 1989 mejoró la histerectomía vagina asistida laparoscópicamente.

Y desde 1988 se inició la cirugía abdominal general con la colecistectomía, herniotomía y vagotomía, etc. para hacer madurar en corto tiempo la cirugía mínima invasiva y volverlos procedimientos estándar.

2.3.3. Antecedentes de la cirugía laparoscopia en Guatemala

La primera experiencia demostrativa en la cirugía mínima invasiva en Guatemala surge el 4 de agosto de 1991, realizaron la primera colecistectomía video laparoscópica fue un trabajo conjunto del doctor Juan Lombillo (cirujano cubano-americano, residente en Miami, Florida) y el doctor Alfredo Enrique Barillas Noriega (cirujano guatemalteco), en el Hospital San Juan de Dios y en ese momento comienza el auge de la cirugía mínima invasiva en Guatemala.

Tres meses después los doctores guatemaltecos Marco Antonio Peñalzo Bendfeldt, Rodolfo Herrera Llerandi, Edgar Herrera Ríos y Mario Duarte Flores realizan su primera cirugía colecistectomía videolaparoscópica a un ciudadano guatemalteco.

En mayo de 1992 se imparte el primer curso de cirugía videolaparoscópica en la Facultad de Medicina de la Universidad Francisco Marroquín de Guatemala, desde esa fecha han impartido veinticinco cursos básicos en todo el país y alrededor de diez a quince cursos de cirugía avanzada.

En el año de 1993 avanza con mayor auge, reciben la donación de un equipo del gobierno de Japón para el Hospital General San Juan de Dios y otro equipo para el

Hospital Roosevelt, también arranca el primer equipo de cirugía endoscópica en Quetzaltenango y se funda la Asociación de Endoscopia Quirúrgica de Guatemala (AEQG) dejando de funcionar con el tiempo. En 1994 el Instituto Guatemalteco de Seguridad Social adquirió su propio equipo. En Guatemala se realizan básicamente los mismos procedimientos que se efectúan a nivel mundial con muy buenos resultados.

En la actualidad la cirugía videolaparoscópica es parte del entrenamiento de residentes en los hospitales nacionales. El grupo del Hospital de Día, del Hospital Roosevelt están realizando cirugías avanzadas. Entre ellas se encuentran, la cirugía del hiato esofágico, esplenectomía, adrenalectomía y el Grupo de Cirugía Pediátrica realiza estudios de cirugía de identificación gonadal, y el grupo de cirujanos privados que ya tiene buena experiencia en el manejo videoendoscópico de la obesidad mórbida, o el grupo que ya inició el manejo de varicoceles por esta vía.

2.4. Equipo de la cirugía laparoscopia

El éxito de una cirugía laparoscópica y seguridad del paciente depende de un apropiado uso del equipo tecnológico.

El equipo para la cirugía laparoscópica está constituido por:

- Sistema óptico
- Laparoinflador
- Electrobisturí
- Sistema de aspiración e irrigación

- Unidad de Hidrodisección (no indispensable)
- Equipo de rayo láser
- Instrumental

El sistema óptico está compuesto por:

- Fuente de luz fría
- Fibra óptica
- Óptica o laparoscopio
- Cámara de video
- Monitor
- Equipo de tercera dimensión

2.4.1. Laparoinflador

Permite introducir un gas (actualmente CO₂), a un flujo en litros por minuto que llega a la cavidad peritoneal en volumen y presión determinados. Cuentan con un indicador que registre con precisión la presión intraabdominal. Los laparoinfladores modernos son digitales, y se pueden programar para que con gran precisión lleguen y se mantengan en los niveles de flujo y presión deseados. También cuentan con alarmas audibles que señalan cuando una presión se sale de lo programado (figura 17).

Figura 17. Laparoinflador



Fuente: <http://usuarios.lycos.es/enfermeriaperu/enferquiro/caraclasinstruvideo.htm>

2.4.2. Fuente de luz fría

Genera una luz parecida al día que varía entre 3500 y 6000 grados Kelvin utilizando hoy en día la de Xenón, sus focos son de 200 vatios, cuenta con un sistema de autorregulación de la iluminación. La luz es transmitida a través de un cable de sistema semiflexible, compuesto de fibras ópticas, hasta la conexión con la óptica rígida.

2.4.3. Fibra óptica

Sirve de conductor de la luz fría a través de fibra de vidrio compuesto por un haz de gran cantidad de fibras de vidrio (figura 18).

Figura 18. Fibra óptica



Fuente: www.msmedicalsistemas.com.br/cirurgiaplastica.htm

2.4.4. Videocámara

Consiste en una videocámara que capta las imágenes. Este la envía a su vez a una videograbadora, un monitor o ambos. Trabaja a base de microchips que llegan a constar de tres ya que aumenta la resolución de imagen cámara de video (figura 19).

Figura 19. Videocámara



Fuente: <http://usuarios.lycos.es/enfermeriaperu/enferquiro/caraclasinstruvideo.htm>

2.4.5. Monitor

En el monitor se observa la imagen final captada por el telescopio y la videocámara, lo que permite que otros integrantes del equipo quirúrgico, equipo de anestesiología, enfermería quirúrgica y observadores, presencien lo que acontece en el área quirúrgica (figura 20).

Figura 20. Monitor



Fuente: <http://usuarios.lycos.es/enfermeriaperu/enferquiro/caraclasinstruvideo.htm>

2.4.6. Videgrabadora

Permite grabar todas las imágenes captadas en la cirugía realizada. Hay que cuidar que su resolución concuerde con el monitor.

2.4.7. Unidad electroquirúrgica

Sus funciones principales son el electrocorte y la electrocoagulación, existen dos tipos de unidades electroquirúrgicas: el monopolar y bipolar.

La unidad electroquirúrgica monopolar consta de un circuito formado entre el electrodo activo y la placa que se coloca al paciente para hacer tierra, el bipolar su circuito eléctrico se encuentra entre las dos puntas del mismo instrumento (figura 21).

Figura 21. Unidad electroquirúrgica



Fuente: <http://www.medicalhard.com/productos/ElectrobisturiURO400.htm>

2.4.8. Unidad hidrodisección

Este sistema proporciona comodidad y ahorra tiempo quirúrgico. Permite emplear distintos instrumentos a través de los cuales se puede irrigar solución a presión.

2.4.9. Equipo de tercera dimensión

Consiste en un telescopio de 13mm, que tiene integrados dos videocámaras en su extremo distal y envía sendas imágenes a un monitor que las acopla en una doble imagen. Envía 60 imágenes por segundo a un lente especial para poder ver las imágenes en tercera dimensión

2.4.10. Equipo de rayo láser

El láser consta de tres elementos básicos: el medio activo, la fuente de energía y la cavidad de oscilación. Los tres medios producen humo y aumento de la presión intraabdominal.

2.4.11. Instrumental

El instrumental básico necesario para realizar la cirugía laparoscópica se sistematiza en instrumental óptico, de acceso, de disección, de presentación, de separación, de extracción, de hemostasia, de lavado, de síntesis.

2.4.11.1. Instrumental óptico

Sirve para proporcionar luz artificial en el interior del cuerpo, ya que es oscuro, mediante el laparoscopio.

- Laparoscopio

Capta la imagen del campo quirúrgico en su extremo distal y la envía a su extremo proximal, donde puede observarse directamente o transmitirse al monitor por medio de la videocámara, además de transmitir luz a la cavidad operatoria a través de una conexión externa y proximal y recibe la luz por medio de un cable que contiene filamentos de fibra de vidrio desde una fuente de luz (figura 22)

Figura 22. Laparoscopios



Fuente: www.msmedicalsystems.com.br/cirurgioplastica.htm

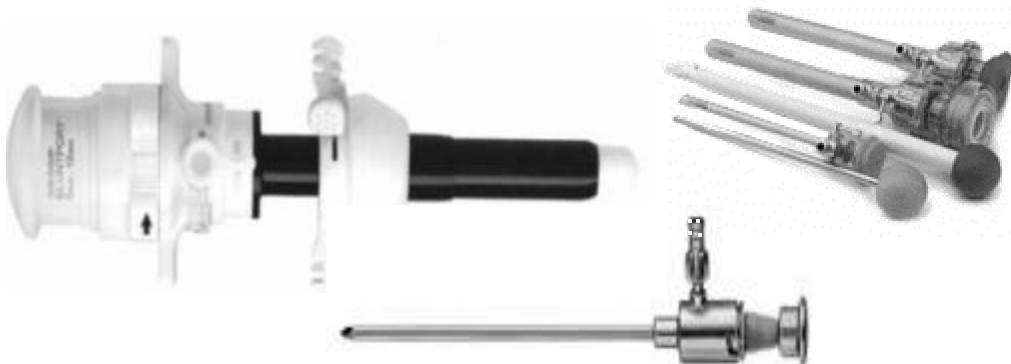
2.4.11.2. Instrumentales de acceso

Su función es de punción e insuflación, conformado por la aguja de Veress y los trocares.

- Trocares

Permiten el paso del instrumental quirúrgico, atravesando la pared abdominal, convirtiéndose en los canales de trabajo del cirujano (figura 23).

Figura 23. Trocares



Fuente: <http://usuarios.lycos.es/enfermeriaperu/enferquiro/caraclasinstruvideo1.htm>

2.4.11.3. Instrumentales de disección

Son pinzas que tienen un bocado fino y dentado, comúnmente están aisladas y tienen una conexión para el cable de la unidad electroquirúrgica (figura 24).

Figura 24. Electro de disección y coagulación tipo de Hook y su cable de conexión monopolar de electrodo



Fuente: <http://usuarios.lycos.es/enfermeriaperu/enferquiro/caraclasinstruvideo1.htm>

También se encuentran las tijeras (figura 25), que son utilizados con la misma función.

Figura 25. Tijera laparoscópica Metzembraum



Fuente: <http://usuarios.lycos.es/enfermeriaperu/enferquiro/caraclasinstruvideo1.htm>

2.4.11.4. Instrumentales de presentación

Estos instrumentales sirven para presentar una pieza del cuerpo y exponerlas, son pinzas (figura 26) especiales para poder agarrar la pieza.

Figura 26. Grasper, Maryland y endoclinch



Fuente: <http://usuarios.lycos.es/enfermeriaperu/enferquiro/instrucirulaparo.htm>

2.4.11.5. Instrumentales de separación

Proporcionan una exposición de las vísceras y otros órganos (figura 27).

Figura 27. Endoretract II 10 mm



Fuente: <http://usuarios.lycos.es/enfermeriaperu/enferquiro/caraclasinstruvideo1.htm>

2.4.11.6. Instrumentales de extracción

Estos instrumentales ayudan a extraer piezas del cuerpo:

2.4.11.7. Instrumentales de lavado

Son utilizados para la aspiración de pequeños coágulos y para la eyección de suero salino así arrastrar los restos de tejidos y coágulos acumulados (figura 28).

Figura 28. Tornera de dos vías

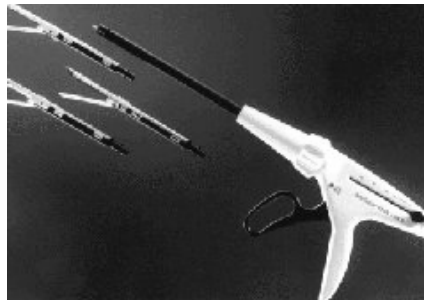


Fuente: <http://usuarios.lycos.es/enfermeriaperu/enferquiro/caraclasinstruvideo1.htm>

2.4.11.8. Instrumentales de síntesis

Se utilizan para la reparación de defectos o la fijación de material quirúrgico (figura 29).

Figura 29. Endogia II 12 mm y cartuchos recargables



Fuente: <http://usuarios.lycos.es/enfermeriaperu/enferquiro/caraclasinstruvideo1.htm>

2.5. Tipos de cirugía laparoscopia

Existen diferentes tipos de procedimientos quirúrgicos que se trabajan y se están desarrollando en el ámbito de la laparoscopia general y digestivas (figura 30).

Figura 30. Cirugías laparoscopias realizadas

Procedimientos quirúrgicos realizados con la laparoscopia	
EFFECTIVOS	
NOMBRE	DESCRIPCIÓN
Colecistectomía	Cirugía que quita una vesícula biliar enferma.
Diagnóstica	Permite observar y determinar el estado órganos.
AMPLIAMENTE ACEPTADOS	
NOMBRE	DESCRIPCIÓN
Apendicectomía	Es la extirpación de un apéndice.
Herniorrafia	Corrige una protrusión anormal de órganos internos.
Esplenectomía	Extraer un bazo enfermo o lesionado.
ACEPTADOS	
NOMBRE	DESCRIPCIÓN
Colectomía (enf. benigna)	Extirpación quirúrgica del colon.
Pancreatectomía distal	Extirpación quirúrgica del páncreas parcial o total.
Nefrectomía	Ablación del riñón.
Gastrectomía (enf. benigna)	Escisión total o de la mayor parte del estómago.
Linfadenectomía	Disección y extirpación de los ganglios linfáticos.
Quistogastrostomía	Localizar a nivel de las mucosas estos pequeños tumores.
Vagotomía	Sección quirúrgica de un nervio vago.
Prolapso rectal	Salida del parte del recto o de su mucosa por el ano.
CONTROVERTIDOS	
NOMBRE	DESCRIPCIÓN
Gastrectomía	Escisión total o de la mayor parte del estómago.
Pancreatectomía proximal	Extirpación quirúrgica del páncreas parcial o total.
Esofagectomía	Incisión del esófago.
Hepatectomía	Escisión total o parcial del hígado.
DESARROLLÁNDOLOS	
NOMBRE	DESCRIPCIÓN
Paratiroidectomía	Se extirpan parcial o total, tres de las glándulas.
Tiroidectomía	Ablación quirúrgica de la glándula tiroides.

Adaptado de: <http://www.cirujanosdechile.cl/Revista/vol53ago2001/!CIR401C.PDF>

3. ROBOT EN LA TELECIROGÍA LAPAROSCÓPICA

3.1. Introducción

La robótica se ha convertido en un apoyo en muchas áreas de trabajo para el ser humano, la medicina se encuentra en una de ellas. Se han realizado robot para el apoyo de la cirugía de invasión mínima que manipulan el equipo, estos robot son brazos mecánicos que realizan intervenciones quirúrgicas, a través de unas pequeñas pinzas que se han diseñado para emular la función y estructura de la mano humano, estos robot son llamados **robot quirúrgicos**.

En la creación de los robot quirúrgicos aplican la percepción, manipulación, modelación, análisis geométrico y una interfase entre humano-máquina, que realice la habilidad del médico llevando a cabo los procedimientos de intervención, a través de la recepción de los movimientos del cirujano transformándolos en señales electrónicas controladas por una computadora.

A continuación se muestra los conceptos importantes de la robótica y su manera única de colaborar con la telecirugía.

3.2. Robótica

Los primeros robot fueron conocidos con el nombre de autómatas, se construyeron con fines de entretener a sus propietarios, utilizaban la fuerza bruta para poder realizar sus movimientos, después de los autómatas surgió el concepto actual de robot.

3.2.1. Historia de la robótica

La historia de la robótica se remonta antes de los tiempos de Jesucristo con la aparición de los autómatas. Entre los ejemplos más específicos que se encuentran de éstos son:

- En 1500 A. C., Amenhotep construye una estatua de Memon que emite sonidos cuando la iluminan los rayos del sol al amanecer.
- En el año 300 y 270 A. C., Cresibio inventa una clepsidra (reloj de agua) y un órgano que funciona con agua.
- Roger Bacon (1214-1294) construye, después de siete años, una cabeza que habla.
- En el año 1235, Villard d'Honnecourt hace un libro de esbozos que incluyen secciones de dispositivos mecánicos, como un ángel autómata, e indicaciones para la construcción de figuras humanas y animales.
- Un reloj con forma de gallo que canta en la catedral de Strasbourg, que funcionó desde 1352 hasta 1789.
- Leonardo Da Vinci construye en el año 1500 un león automático en honor de Luis XII que actúa en la entrada del Rey de Milán.
- Salomón de Caus (1576-1626) construye fuentes ornamentales y jardines placenteros, pájaros cantarines e imitaciones de los efectos de la naturaleza.
- En 1640, René Descartes inventó un autómata al que se refiere como “mi hijo Francine”.

- En 1662, se abre en Osaka el teatro Takedo de autómatas.
- Jacques de Vaucanson, construye el pato, el autómata más conocido; un pato hecho de cobre, que bebe, come, grazna, chapotea en el agua y digiere su comida como un pato real. Previamente construye un flautista y un tamborilero en 1738; el primero consistía en un complejo mecanismo de aire que causaba el movimiento de dedos y labios, como el funcionamiento normal de una flauta.
- Los Maillardet (Henri, Jean-David, Julien-Auguste, Jacques-Rodolphe) hicieron su aparición a finales del siglo XVIII y principios del XIX, construyen un escritor-dibujante, con la forma de un chico arrodillado con un lápiz en su mano, escribe en inglés y en francés y dibuja paisajes. Construyen un mecanismo “mágico” que responde preguntas y un pájaro que canta en una caja.
- Thomas Alva Edison construyó en el año 1891 una muñeca que habla.

Después continuaron con el trabajo llegando a construir robot, uno de los primeros robot en existir fue el llamado SHAKEY en 1960, una de sus más grandes hazañas fue el tomar bloques en una pila utilizando una cámara de video como un sensor visual procesando la información a través de una pequeña computadora.

A mediados de 1970, General Motors financió la invención de un “brazo mecánico” para producir un llamado “manipulador universal programable para ensamblaje PUMA”, marcando el inicio de la era de los robot.

ROBODOC es un robot semi-autónomo que asiste al cirujano durante la operación además de ser utilizado para cuidados ortopédicos, fue creado por el sistema de cirugía aplicada (ISS; Davis, CA), también están trabajando con el primer robot abre cráneos en la neurocirugía “El NeuroMate robot”.

El Dr. Wang y el Dr. Sackier marcaron el inicio del trabajo de la **robótica** en la **medicina** construyendo un ayudante robótico que sostiene una cámara en cirugía laparoscópica llamado AESOP que en español significa sistema automatizado para el óptimo posicionamiento endoscópico, este fue presentado entre los años 1993 y 1994.

Para 1996 la compañía Computer Motion presenta el sistema AESOP 2000, un brazo robótico camarógrafo de 6 grados de libertad y un sistema de activación para la voz, que le indica las posiciones y movimientos que debe adoptar el robot. Con el seguimiento del robot AESOP nació Zeus que es un sistema de tres brazos robóticos AESOP 3000, los ojos de Zeus que tiene siete grados de libertad y dos brazos robóticos manipuladores (derecho e izquierdo del cirujano) que permiten al cirujano la manipulación de instrumentos quirúrgicos a distancia.

Algunos centros de investigación al igual que la milicia se encuentran involucrados en el desarrollo del equipo robótico para la aplicación de la telecirugía.

3.2.2. Definición de la robótica

Unión de áreas que permiten concebir, realizar y automatizar sistemas basados en estructuras mecánicas poliarticuladas, dotadas de un determinado grado de “inteligencia” y destinados a la producción industrial o a realizar tareas del hombre en tareas riesgosas.

Es una parte de la automatización de la fabricación, que interviene la mano de obra humana a todos niveles: técnicos, profesionales y directores de profesionales

3.2.3. Leyes de la robótica

Isaac Asimov propuso tres leyes de la robótica, los cuales son:

- El robot no puede dañar a un ser humano o, a través de la inacción, permitir que se dañe a un ser humano.
- Un robot debe obedecer las órdenes dadas por los seres humanos, excepto cuando tales órdenes estén en contra de la primera ley.
- Un robot debe proteger su propia existencia siempre y cuando esta protección no entre en conflicto con la primera y segunda ley.

3.2.4. Características de la robótica

- Aumentar la productividad, optimizando la velocidad del trabajo del robot, que reduce el tiempo parcial a cargo del manipulador y aumenta el rendimiento total en línea de producción.
- Aumentar la flexibilidad en adaptarse a series de producción cortas.
- Incorporar la eficiencia y eficacia en el rendimiento de otras marcas y herramientas relacionadas con el trabajo del robot.
- Obtener rapidez en la amortización de la inversión, mayor duración de las herramientas, disminución en la pérdida de materiales para residuos.
- Incrementar un control en la calidad del producto.
- El *stock* de productos terminados debe disminuirse.

- Elaborar tareas riesgosas y peligrosas para el ser humano.

3.3. Automatización

La automatización se encarga de diseñar sistemas que realicen tareas repetitivas hechas por el ser humano y que sean capaces de controlar tareas sin la ayuda de un operador humano, en la automatización se encuentran los robot computarizados, que se retroalimentan a través de unos sensores externos que proveen la información para que sus microprocesadores la procesen y puedan determinar una acción (cambiar o mantener una operación en ejecución). La retroalimentación es parte de la cibernética, esta ciencia se encarga de los sistemas de comunicación y control sobre organismos vivos, máquinas u organizaciones, cibernética significa en un termino griego (kybernetes) gobernador o piloto. Se encuentran tres clases amplias en la automatización industrial:

- Automatización fija: es realizada cuando la producción tiene un volumen muy grande.
- Automatización programable: es realizada cuando la producción tiene un volumen muy bajo.
- Automatización flexible: se desarrolló para la producción tiene un volumen medio.

3.4. Definición del robot

La palabra robot se origina del vocablo checo robota que significa “trabajo obligatorio”, El robot es una parte técnica en un sistema completo que permite la fusión de la información y la acción, existen manipuladores robóticos (figura 31), que

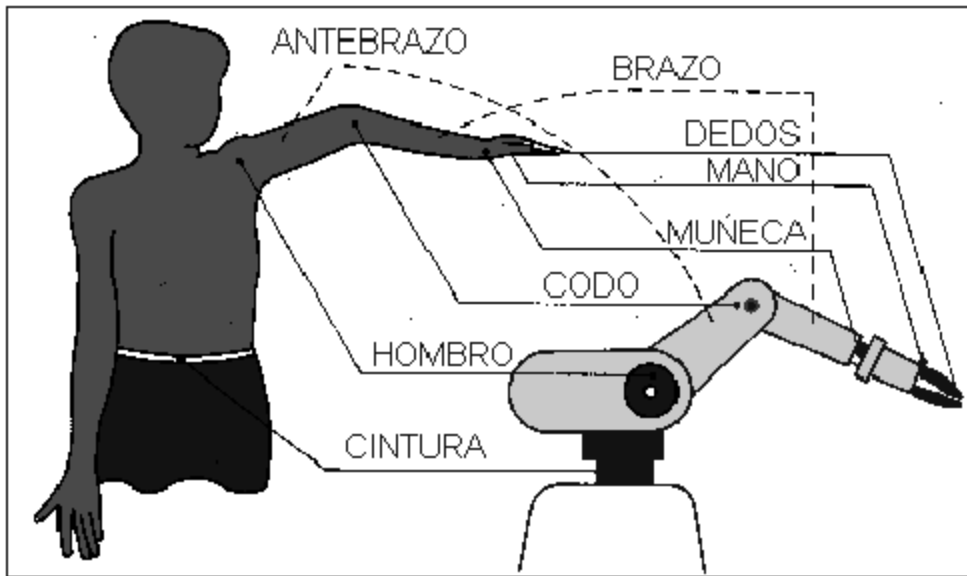
representan el brazo de un ser humano, controlados por una computadora diseñada para mover piezas, herramientas, materiales y otros dispositivos especializados mediante una serie de pasos programados.

El desarrollo de la robótica se basó en el trabajo por automatizar la mayoría de las operaciones en una fábrica. En la robótica se involucran temas importantes los cuales son: automatización, cibernética, y la inteligencia artificial (IA).

Cuando un robot es capaz de determinar qué acción realizará significa que tiene un grado de inteligencia, esta tarea es parte de la inteligencia artificial dado que es el área que se encarga de estudiar las diferentes formas para que la computadora mejore las tareas cognitivas donde el ser humano las realiza mejor.

Con todas estos conceptos identificados, se dice que los robots son máquinas manejadas por computadoras a través de programas que se encargan de instruirlos para moverse, manipular objetos y realizar tareas al mismo tiempo que interactúa con su entorno, llegan a ser capaces de cumplir con tareas repetitivas de forma más rápida, barata y precisa que el ser humano.

Figura 31. Robot manipulador



Fuente: <http://www.chi.itesm.mx/~cim/robind/robotica.html>

3.4.1. Características de un robot

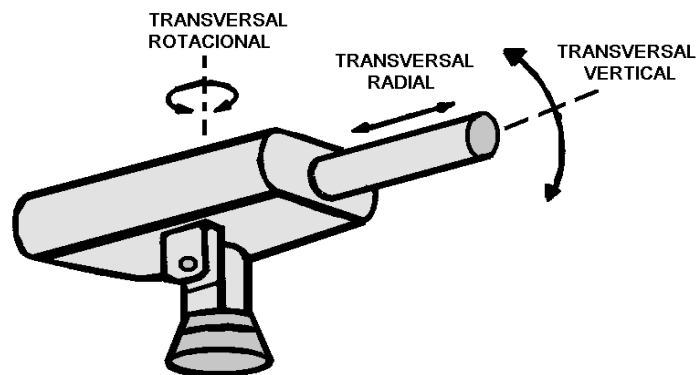
Las características más importantes de los robot con valores concretos de las mismas son:

3.4.1.1. Grados de libertad

Son los parámetros que precisan y determinan la posición y orientación del componente terminal del manipulador, definiéndose como los posibles movimientos básicos (desplazamiento y giratorios) independientes del manipulador.

Entre más grados de libertad más flexibilidad en el posicionamiento del manipulador, como en la figura 32 el robot cuenta con tres tipos de movimientos el cual le permite rotar en su eje, mover verticalmente un objeto y trasladarlo.

Figura 32. Robot con sus tipos de movimientos



Fuente: <http://isa.aut.uah.es/Robotica/tema1.pdf>.

3.4.1.2. Zonas de trabajo y dimensiones del manipulador

Las dimensiones de los elementos del manipulador, junto a los grados de libertad, definen la zona de trabajo del robot, característica fundamental en las fases de selección e implantación del modelo adecuado.

La zona de trabajo se subdivide en áreas diferenciadas entre sí, por la accesibilidad específica del elemento terminal (aprehensor o herramienta), es diferente a la que permite orientarlo verticalmente o con el determinado ángulo de inclinación.

También queda restringida la zona de trabajo por los límites de giro y desplazamiento que existen en las articulaciones.

3.4.1.3. Capacidad de carga

El peso en kilogramos, que puede transportar la garra del manipulador recibe el nombre de capacidad de carga. A veces, este dato lo proporcionan los fabricantes, incluyendo el peso del propio robot.

Según la tarea a la que se destine, la capacidad de carga es una de las características que más se tienen en cuenta en la selección de un robot.

3.4.1.4. Exactitud y frecuencia

Las funciones de la exactitud y la frecuencia son:

- La resolución: el uso de sistemas digitales, y otros factores que sólo son un número limitado de posiciones que están disponibles. Así el usuario ajusta a menudo las coordenadas a la posición discreta más cercana.
- La cinemática el error modelado: el modelo de la cinemática del robot no empareja al robot exactamente. Como resultado los cálculos de ángulos de la junta requeridos contienen un error pequeño.
- Los errores de la calibración: la posición determinada durante la calibración puede estar apagada ligeramente, mientras se está produciendo un error en la posición calculada.

- Los errores del azar: los problemas se levantan conforme el robot opera. Por ejemplo, fricción, torcimiento estructural, la expansión termal, la repercusión negativa / la falla en las transmisiones, etc. pueden causar las variaciones en la posición.

3.4.1.5. La resolución del mando

La resolución espacial es el incremento más pequeño de movimiento en que el robot puede dividir su volumen de trabajo. La resolución espacial depende de dos factores: los sistemas que controlan la resolución (división del rango total de movimiento) y las inexactitudes mecánicas.

3.4.1.6. Velocidad

En muchas ocasiones, una velocidad de trabajo elevada, aumenta extraordinariamente el rendimiento del robot; por lo que esta magnitud se valora considerablemente en la elección del mismo.

En tareas de soldadura y manipulación de piezas es muy aconsejable que la velocidad de trabajo sea alta. En pintura, mecanizado y ensamblaje, la velocidad debe ser media e incluso baja.

3.4.1.7. Coordenadas de los movimientos

La estructura del manipulador y la relación entre sus elementos proporcionan una configuración mecánica, que da origen al establecimiento de los parámetros que hay que conocer para definir la posición y orientación del elemento terminal. Existen cuatros parámetros en dicha estructura relacionados con los modelos de coordenadas los cuales son: cartesianas, cilíndricas, polares angulares

3.5. Cinemática

La cinemática del robot estudia el movimiento del mismo con respecto a un sistema de referencia. Así, la cinemática se interesa por la descripción analítica del movimiento espacial del robot como una función del tiempo, y en particular por las relaciones entre la posición y la orientación del extremo final del robot con los valores que toman sus coordenadas articulares. Existen dos problemas fundamentales para resolver la cinemática del robot, el primero de ellos se conoce como el **problema cinemático directo**, y consiste en determinar cuál es la posición y orientación del extremo final del robot, con respecto a un sistema de coordenadas que se toma como referencia, conocidos los valores de las articulaciones y los parámetros geométricos de los elementos del robot. El segundo denominado **problema cinemático inverso** resuelve la configuración que debe adoptar el robot para una posición y orientación del extremo conocidas.

Denavit y Hartenberg propusieron un método sistemático para descubrir y representar la geometría espacial de los elementos de una cadena cinemática, y en particular de un robot, con respecto a un sistema de referencia fijo. Este método utiliza una matriz de transformación homogénea para descubrir la relación espacial entre dos elementos rígidos adyacentes, reduciéndose el problema ubicación a encontrar una matriz de transformación homogénea 4×4 que relacione la localización espacial del robot con respecto al sistema de coordenadas de su base.

Por otra parte, la cinemática del robot trata también de encontrar las relaciones entre las velocidades del movimiento de las articulaciones y las del extremo. Esta relación viene dada por el **modelo diferencial** expresado mediante la matriz Jacobiana.

El movimiento relativo en las articulaciones resulta en el movimiento de los elementos que posicionan la mano en una orientación deseada. En la mayoría de las aplicaciones de robótica, se está interesado en la descripción espacial del efector final del manipulador con respecto a un sistema de coordenadas de referencia fija.

La cinemática del brazo del robot trata con el estudio analítico de la geometría del movimiento de un robot con respecto a un sistema de coordenadas de referencia fijo como una función del tiempo sin considerar las fuerzas-momentos que originan dicho movimiento. Así pues, trata con la descripción analítica del desplazamiento espacial del robot como función del tiempo, en particular las relaciones entre variables espaciales de tipo de articulación y la posición y orientación del efector final del robot.

3.6. Dinámica

El modelo dinámico de un robot se compone por una parte del modelo de su estructura mecánica, que relaciona su movimiento con las fuerzas y pares que lo originan, y por otra parte el modelo de su sistema de accionamiento, que relaciona las órdenes de mando generadas en la unidad de control con las fuerzas y pares utilizados para producir el movimiento.

3.7. Telerobot

Los robot teleoperados son definidos por la NASA como: dispositivos robóticos con brazos manipuladores y sensores con cierto grado de movilidad, controlados remotamente por un operador humano de manera directa o a través de un ordenador.

El telerobot dirigido, operando en un sitio, utiliza dispositivos de entrada como la visualización gráfica, la planeación de las tareas con herramienta, así ordenar la

ejecución de una de ellas a un sitio remoto usando un sistema telerobótico. Las áreas actuales de investigación y desarrollo incluyen:

- El manipulador y el mando del robot móvil.
- Las arquitecturas del telerobot remotas.
- Procesado, integración, y fusión, del sistema sensorial.
- Tareas interactivas que planea y ejecuta.
- La visualización gráfica de las imágenes sobrepuestas.
- Multisensor: el mando equilibrado.
- Micromecanismos: control para el despliegue de los instrumentos.

3.8. Sensores para los robot en la telecirugía

Existen varios sensores por utilizar en un robot, pero se describen en esta sección los que son apropiadamente útiles en los robot para la telecirugía.

3.8.1. Sensores de contacto

Estos sensores se utilizan en robótica para obtener información asociada con el contacto entre una mano manipuladora y objetos en el espacio de trabajo. Cualquier información puede utilizarse, por ejemplo, para la localización y el reconocimiento del objeto; así como para controlar la fuerza ejercida por un manipulador sobre un objeto dado. Los sensores de contacto pueden subdividirse en dos categorías principales: binarios y analógicos.

Los sensores binarios son esencialmente conmutadores que responden a la presencia o ausencia de un objeto. Por el contrario los sensores analógicos proporcionan a la salida una señal proporcional a una fuerza local.

3.8.2. El sensor de contacto para presión

Un sensor de presión para la retroalimentación mecánica de una mano para la fuerza de agarre, la indicación sensible de cuando la mano sujeta un objeto. Las fibras ópticas portan un sensor en la superficie del manipulador. La luz es reflejada de una fibra flexible a otras fibras que llevan la señal al sensor. La distorsión debido a los cambios de presión táctiles es la cantidad de luz reflejada. El nuevo dispositivo es superior a los sensores anteriores. Por ejemplo, televisión u otro sistema de visión no son sensibles para detectar la presión, y el área de contacto está a menudo oculta de la vista.

Los sensores eléctricos están sujetos al ruido eléctrico, sobre todo a los niveles bajos señalados asociados con la presión de contacto baja. Se han usado los sensores ópticos para descubrir la proximidad pero no la presión de contacto. El nuevo sensor óptico consiste en una superficie dividida en células por particiones opacas. Una fibra óptica trae luz en cada célula, la luz es emitida por un diodo, u otra fuente. Otra fibra lleva luz de la célula a un sensor; por ejemplo, un fotodiodo o fototransistor. Las células son cubiertas por un material elástico con una superficie interior reflectiva. El resto de la célula es un material de tipo no reflectivo. El cambio en la reflexión interior de luz es detectada por el sensor y se produce un signo de rendimiento del robot, el cual informa al operador de contacto. Entre mayor sea la presión y distorsión, mayor es el cambio en la reflexión. Así, puede detectarse por los sensores la presión utilizando una cantidad variada de circuitos analógicos. Si sólo una indicación de toque se desea, un sensor de umbral puede ser incluido en la electrónica. En un manipulador automático, el signo del sensor podría controlar los movimientos del manipulador.

3.9. Tipos de robot en la telecirugía laparoscópica

Existen cuatro sistemas robóticos quirúrgicos para uso clínico durante operaciones abdominales, estos sistemas han sido aprobados por Administración Federal de Drogas (FDA, por sus siglas en inglés) para poder utilizarlos en los Estados Unidos.

3.9.1. *Automated Endoscopic System for Optimal Positioning (AESOP)*

AESOP fue fabricado por *Computer Motion Incorporated* de Santa Bárbara, CA fue el primer robot aprobado, en 1994, por la FDA para utilizarse en cirugías abdominales. Consta de un brazo robótico que sostiene un laparoscopio sustituyendo al camarógrafo laparoscópico, donde una computadora busca la posición de la punta del telescopio. Este brazo es controlado por el cirujano manualmente o a distancia mediante un pedal o un control manual respectivamente, en la actualidad pueden ser controlados por comandos específicos de voz, es colocado en un lado de la mesa, además de poder ser levantado con facilidad dado que su peso es muy pequeño que llega a ser muy liviano.

El cirujano puede variar entre telescopios de 3mm, 5mm, 10mm y angulados ya que tiene una serie de adaptadores que pueden sujetar cualquier laparoscopio rígido, los comandos de voz son grabados en una tarjeta de sonido, cada cirujano cuenta con su tarjeta, él verbalmente puede programar tres posiciones para el telescopio y después ordenarle regresar a sus posiciones predeterminadas, facilitando tareas repetitivas como suturas.

AESOP tiene una serie de sistemas de libre-falla para proteger al paciente donde el cirujano, al inicio fija un margen inferior límite para el brazo robótico previniendo herir al paciente además de apartar la acopladura magnética que une al telescopio con AESOP que pueden ser provocadas por pequeñas presiones sobre su punta, evitando

comandos percibidos al conducir el telescopio en estructuras anatómicas, como el hígado.

Provee una plataforma estable para la cámara, esto hace que la imagen de video no tiemble y por ello no pierdan campo operatorio, permanece orientado recordando donde se ubica el horizonte disminuyendo la “enfermedad del movimiento” en el equipo operatorio. Llega a realizar reparaciones de hernia inguinal, colecistectomía y funduplicaturas de Nissen sin necesidad de la actuación de un cirujano (figura 33).

Figura 33. Colectomía robótica con AESOP



Fuente: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rgp/v23n1/a08v23n1.pdf>

3.9.2. ENDOASSIST

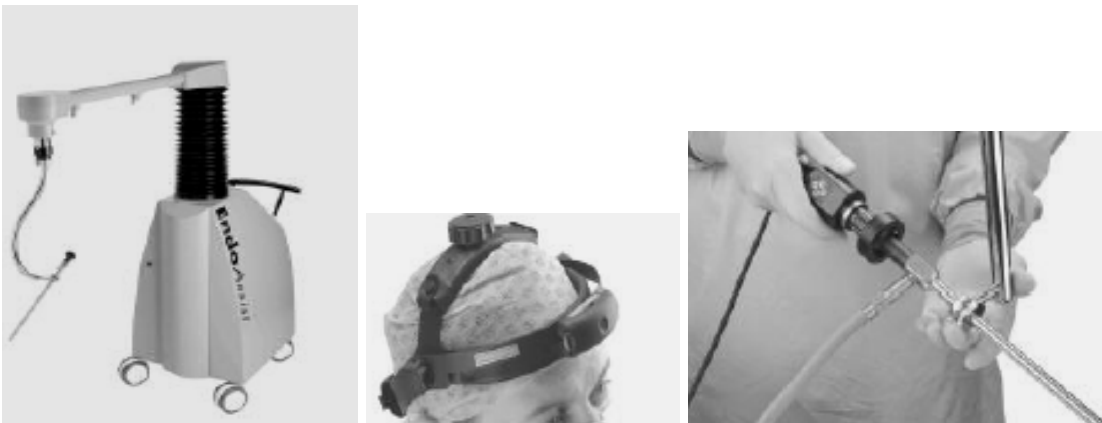
ENDOASSIST consiste en un camarógrafo robótico construido por la compañía británica, Armstrong Healthcare Ltd. Para poder manejar los movimientos del robot el cirujano se coloca un dispositivo en la cabeza que sirve para mover la vista de la cámara

a la posición deseada, este movimiento se realiza a través de los rayos infrarrojos emitidos por el dispositivo, mientras que con las manos controla dos brazos mecánicos que sostienen los instrumentos quirúrgicos (figura 34).

El robot se sitúa sobre el paciente para colocar el centro de rotación sobre el punto de inserción quirúrgica. Tiene tres movimientos: el rotacional que es de 350 grados el vertical de 90 grados y el horizontal de 45 grados. Además de incluirse un soporte de laparoscopia a un brazo, la cámara indica los movimientos de izquierda, derecha, arriba, abajo, aumento y disminución de la imagen.

Se ha utilizado el ENDOASSIST en cardiocirugías, urológicas, várices y en cirugías generales.

Figura 34. ENDOASSIST



Fuente: <http://www.armstrong-healthcare.com/documents/Pathfinderbrochure.pdf>

3.9.3. Da VINCI

El sistema robótico Da VINCI es utilizado para realizar la telerobótica o telecirugía, se divide en tres partes:

- Robot esclavo (figura 35).
- Estación de trabajo o también llamado consola (figura 36).
- Masters (figura 37)

El cirujano se sienta cómodamente enfrente de la estación de trabajo colocando sus manos en los “masters” que sirven de comunicación con la computadora y el robot esclavo. Tiene un sistema de imagen 3-D, el equipo electrónico de video y el insuflador para el pneumoperitoneo se localiza en una torre. El robot esclavo tiene tres brazos, donde el brazo central sujeta la cámara y los otros dos brazos laterales sostienen los instrumentos quirúrgicos articulándose en una muñeca, con seis grados libertad y dos grados de rotación axial en su movimiento, son colocados al costado de la mesa quirúrgica.

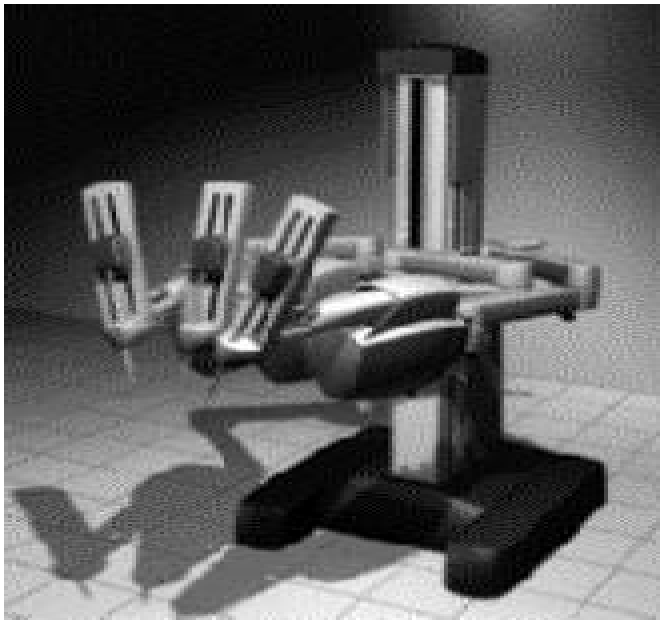
La computadora abarca un campo tridimensional desde el punto cercano a la punta del trocar pero no la punta de los instrumentos quirúrgicos, además lleva el registro de la cantidad de veces que un instrumento ha sido utilizado y a la décima vez no volverlos a usar. El telescopio se conduce por un trocar de 12mm, mismo tamaño para el telescopio, y los instrumentos quirúrgicos por dos trocares de 8mm, además de tener dos telescopios separados de 5mm de distancia cada uno.

Su imagen tridimensional asemeja al mirar a través de un binocular de campo, sus dos cámaras de video son de 3-chips transmiten la imagen a dos pantallas CRT, estas

imágenes son sincronizadas en conjunto, los espejos reflejan las imágenes hasta el binocular de la consola del cirujano, las imágenes se mantienen separadas una para el ojo derecho (imagen derecha) y otra para el ojo izquierdo (imagen izquierda) desde los telescopios a los del cirujano.

Generando un campo operatorio virtual diseñada para sumergir al cirujano al campo operatorio, mejorando la percepción del cirujano de la anatomía de manera tridimensional y manteniéndolo orientado en el campo operatorio. Su peso es muy grande y hace difícil trasladarlos de una sala de operaciones a otra.

Figura 35. Robot esclavo



Fuente: <http://ciberhabitat.com/hospital/robotica/telepresencia.htm>

Figura 36. Consola de trabajo



Fuente: <http://ciberhabitat.com/hospital/robotica/telepresencia.htm>

Figura 37. Masters



Fuente: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rgp/v23n1/a08v23n1.pdf>

3.9.4. ZEUS

Este robot es descendiente de AESOP pero con la mejora de poder realizar cirugía telerobótica.

El sistema de voz además de sujetar la cámara sostiene otras dos unidades similares pero que sujetan los instrumentos quirúrgicos, estos tres brazos son acopladas independientes de la mesa quirúrgica, son controlados a través de una computadora, por comandos de voz, que se encuentra en la consola del cirujano, llevando el rastreo de la posición tridimensional de la punta de cada instrumento y de la cámara pero no la del trocar, adicional traduce los movimientos de las maniobras de los cirujanos a mociones idénticas en los instrumentos quirúrgicos del robot.

Mantiene una interfase ergonómica entre el cirujano y los instrumentos robóticos, su sistema de imágenes tridimensional acelera el rango de resolución, sus cámaras de video separadas visualizan el campo operatorio, una para el campo derecho y otra para el campo izquierdo (figura 38).

Figura 38. Sistema robótico telequirúrgico ZEUS

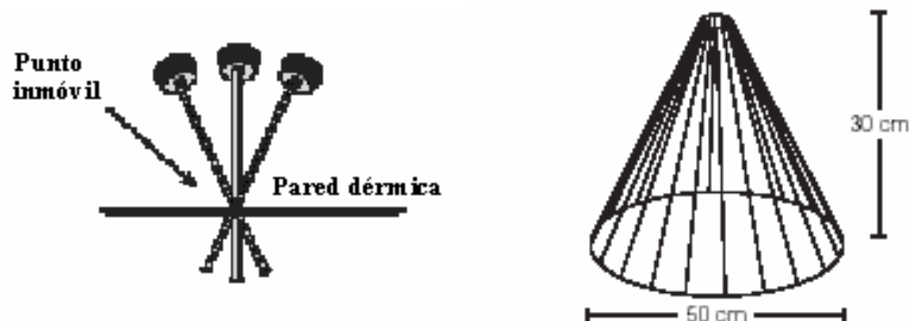


Fuente: http://trueforce.com/Medical_Robotics/Medical_Robotics_Companies/zeus.htm

3.10. Diseño de un brazo robótico laparoscópico

Uno de los primeros criterios por considerar en la construcción de un robot es el volumen de trabajo, para un brazo robótico laparoscópico este criterio es definido por el cirujano, donde el volumen de trabajo se limita a un cono de 50cm de diámetro y de 30cm de altura que define el espacio de trabajo como límite superior, asignado a una persona adulta de 90kg de peso. Debe ser un brazo articulado para que permita una libre manipulación del campo visual y trabajo del cirujano, los posibles movimientos que debe realizar el laparoscopio a través de la asistencia del robot se esbozan en la figura 39.

Figura 39. Movimiento del laparoscopio con asistencia robótica y volumen de trabajo



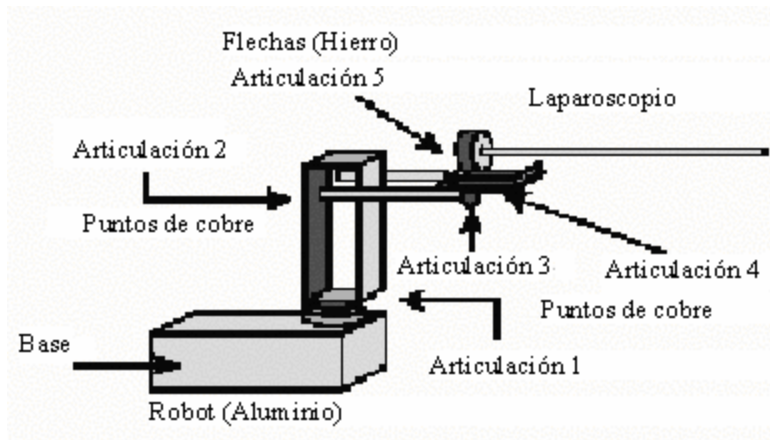
Fuente: <http://www.medigraphic.com/espanol/e-htms/e-circir/e-cc2001/e-cc01-6/em-cc016g.htm>

Este movimiento determina un volumen de trabajo (figura 3-14) dentro de la cavidad, cuyos movimientos deben de ser derecha, izquierda inclinación superior e inferior, introducción y extracción, tienen como punto movimiento la pared abdominal esto indica que el robot dispondrá de cuatro grados de libertad rotatorios y un grado lineal. Para construir el robot, el aluminio es uno de los materiales más indicados ya que

su nivel tóxico es nula y su peso es pequeño lo cual indica que puede ser manejado con más facilidad ya que pesa 20kg y la mesa quirúrgica no es debilitada con el peso del robot y del paciente, en la construcción de las flechas de desplazamiento rotatorio el hierro es utilizado mientras que los puntos de deslizamiento es el bronce por su nivel de fricción.

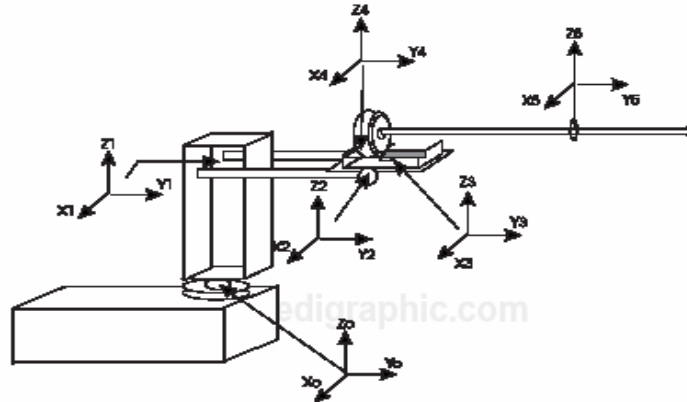
El que soporta el mayor peso es el sistema de transmisión donde es utilizable un tornillo sinfín y corona, para tener un torque necesario y permitir un suave desplazamiento además de garantizar un frenado mecánico natural en el caso de una pérdida de energía eléctrica, cada grado lineal o también llamado articulación es movido a través de un motor que es de corriente directa con transmisión engranada (figura 40).

Figura 40. Brazo robótico



Fuente:<http://www.medigraphic.com/espanol/e-htms/e-circir/e-cc2001/e-cc01-6/em-cc016g.htm>

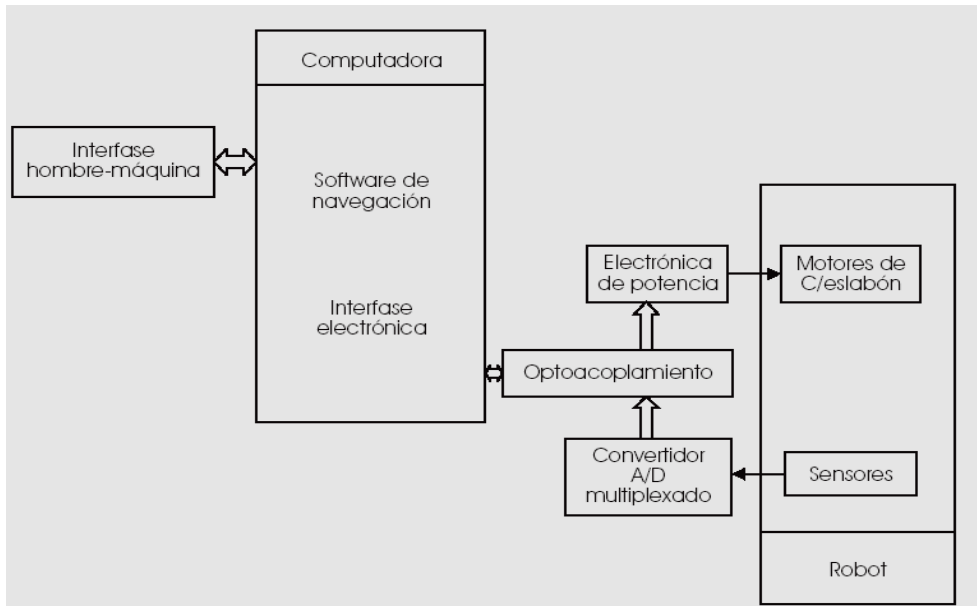
Figura 41. Ejes del brazo robótico



Fuente: <http://www.medigraphic.com/espanol/e-htms/e-circir/e-cc2001/e-cc01-6/em-cc016g.htm>

El sistema de control puede ser conformado por un optoacoplamiento, el cual es integrado por una fuente de luz infrarroja y cuatro sensores fototransistores (op316b de 2mm de diámetro), y un diodo emisor de luz infrarroja (op165 de 3.2mm de diámetro) montados sobre la superficie convexa del cristal de anteojos convencionales, los sensores detectan un nivel diferente de intensidad de luz provocada por el movimiento del ojo, todo ello se comunica (figura 42) con la computadora para garantizar flotabilidad al robot acoplando tres palabras (8 bits) y una palabra para la activación de los motores, utiliza puentes H, y dos para los sensores de posición, potenciómetros lineales, cerrando el lazo de control de cada articulación. Cada sensor para mejor resolución y frecuencia debe disponer de un sistema de lectura de 12 bits multiplexado, las articulaciones pueden ser controladas por un lazo PID (cable de comunicación y manejo de robot)

Figura 42. Interfase de control



Fuente:<http://www.medigraphic.com/espanol/e-htms/e-inge/e-ib2002/e-ib02-1/em-ib021f.htm>

El brazo se encuentra en primer eje (origen) de articulación en X_0 , Y_0 y Z_0 desplazando o girando respecto a él, utilizando un ángulo generando una matriz de movimiento de 4×4 .

Para el manejo del robot es necesario un sistema de navegación, manual o de voz. En el manual se necesitan diseñar dos programas, uno a través de la computadora, mediante el teclado estableciendo un control individual en cada articulación, y el otro programa maneje de una forma conjugada las articulaciones especificar para proporcionar los movimientos deseados dentro de la cavidad abdominal enfocándose en el punto inmóvil de la pared abdominal.

Para el sistema de voz se debe programar por comandos de voz para poder desplazar las articulación manejando los 5 grados de libertad, los comandos necesarios son entrar (*in*), salir (*out*), sí (*yes*), no (*no*), derecha (*right*), izquierda (*left*), sube (*up*), baja (*down*), y otro comando para detener los movimientos en la dirección que se esté desplazando. Para trabajar con la voz se requiere de tres etapas principales: 1.) obtener y adecuar, 2.) analizar y descomponer en parámetros temporales y 3.) frecuenciales así como el reconocimiento y activación, tomando en cuenta que para el reconocimiento se necesita descomponer todos los fenómenos involucrados y clasificarlos, después el reconocimiento del comando de la voz.

La señal de la voz es una onda de presión que cuenta con las siguientes características intrínsecas:

- Variabilidad: se pronuncia de manera distinta dependiendo del caso o estado una misma palabra o frase.
- Redundancia: la información no necesaria en la voz que no se necesita como el estado de ánimo del locutor, etc.
- Continuidad: la continuidad del habla dificulta establecer el inicio y finalización de las sílabas y palabras
- Niveles de reconocimiento: consisten en el conocimiento previo de reglas sintácticas y semánticas etc.

La simplificación comúnmente usada, con base en los problemas anteriores, son las siguientes:

- Tareas monolocutor/multilocutor/independiente del locutor: elimina en la medida de lo posible la variabilidad provocada por los locutores.
- Palabras aisladas/palabras conectadas/voz continua: simplifica las características de reconocimiento en niveles y continuidad.
- Una de las maneras diferentes que se puede utilizar para solucionar el problema, primero realizar un análisis y parametrización de la señal de voz para extraer las características representativas de ésta, segundo elegir un modelo matemático que se utilice para llevar a cabo el entrenamiento y reconocimiento o comparación de la señal de voz.

4. REDES EN LA TELECIURUGÍA

4.1. Introducción

Se le llama red de computadoras a una serie *hosts* (computadoras o nodos) autónomos y dispositivos especiales comunicándose entre sí, incluyendo gran cantidad de diversos tipos de redes y posibles configuraciones de ellas, como ejemplo se encuentra Internet donde es un subsistema de comunicación única donde se comunican todos los *hosts* conectados a él, construido por muchas subredes, donde se emplean diferentes tipos de tecnologías de red distintas. Cada subred es compuesta por un conjunto de nodos interconectados.

Se presentan las características necesarias para la tecnología de comunicación que maneja la telecirugía, y los estándares por manejar para poder cumplir con un desarrollo correcto del sistema.

Toda red debe ser diseñada bajo un estándar de criterios con el fin de dar un servicio eficiente y eficaz. Los criterios que se toman en cuenta son:

4.1.1. Presentaciones

Las presentaciones son manejadas bajo parámetros indicadores, los cuales afectan la velocidad con la que los mensajes individuales pueden ser transferidos entre dos *hosts* conectados entre sí, dichos parámetros se describen a continuación.

- Latencia: la latencia es el tiempo de intervalo que sucede entre la realización de la tarea de envío y el momento en el cual los datos empiezan a ser disponibles para el destino.

- Tasa de transferencia de datos: representa la velocidad en que se puede transferir datos entre dos nodos conectados en una red, dicha transmisión es medida en bits por segundo, el tiempo de transmisión que necesita una red para enviar un mensaje de 1 bits de longitud es igual a la latencia más el cociente de la longitud entre la tasa de transferencia, válido para longitudes no superadas por la determinada a la tecnología de redes subyacentes.

Cuando los mensajes son demasiados extensos son segmentados y el tiempo de transferencia es igual a la suma de los tiempos asignados a cada segmento, pero cuando las redes son grandes pueden ser transferidos simultáneamente sobre varios canales diferentes de modo que el ancho de la banda no guarda relación directa con la tasa de transferencia. La tasa de transferencia es determinada por la característica física y la latencia es determinada por la sobrecarga del *software*, el componente de estadística resultado de los conflictos del uso de los canales de transmisión y los retrasos en el camino de los mensajes.

4.1.2. Escalabilidad

Se encarga de velar que en el futuro los diseños, estructuras, tecnologías de red actuales, sean capaces de soportar grandes nodos conectados a él, esto implica un cambio drástico en la escala de la red, además de generar cambios sustanciales en el direccionamiento y en los mecanismos de encaminamiento.

Se espera que el tamaño de Internet se compare con la población de Internet, esto implica una conexión de varios miles de millones de nodos y cientos de millones de hosts activos, todo esto implica un gran cambio en las tecnologías de red modificando también a toda estructura de red conectada actualmente a Internet y las que deseen pertenecer a él.

4.1.3. Fiabilidad

Se encarga de evitar los fallos en la estructura de la red y en el *software* del emisor y receptor de datos, para disminuir los errores en la red, comúnmente suceden errores en la transmisión de datos por ser muy altos y suceden fallos de sincronización en el receptor y emisor, como desbordamientos en el *buffer*.

4.1.4. Seguridad

Para obtener seguridad en las redes se necesita mantener protegidos todos los recursos de las computadoras conectadas a la red de la organización, además de controlar el uso de los recursos por parte de otros usuarios y computadoras conectadas en otra red que al mismo tiempo pueden tener comunicación a la organización, para ello utilizan los cortafuegos.

Cuando se trata de aplicaciones distribuidas, se diseña un ambiente de seguridad de red con autenticación extremo a extremo, privacidad y seguridad, existiendo también técnicas criptográficas para la seguridad.

4.1.5. Movilidad

En la actualidad existen dispositivos móviles que se desplazan con frecuencia en diferentes lugares a una distancia variada en donde se unen a puntos de conexión variados. Las redes se están desarrollando con la llegada de estos dispositivos para poder soportar su tecnología además de tomar en cuenta que su crecimiento es grande.

4.1.6. Calidad de servicio

Se encarga de cumplir con las restricciones temporales cuando se transmiten y se procesan flujos de datos multimedia en tiempo real. Las aplicaciones que transmiten datos multimedia requieren tener garantizado un ancho de banda y uso de límites de latencia en los canales que utiliza. Mientras que hay aplicaciones que su demanda varía dinámicamente especificando la calidad del servicio con un aceptable mínimo como la óptima deseada.

4.1.7. Multidifusión

La multidifusión también llamada *multicasting* se encarga de la comunicación de uno a muchos siendo simulado con el envío de mensajes a varios destinos, cuenta con un resultado muy caro y no contando con la tolerancia a fallos requerido por las aplicaciones. Muchas tecnologías de la red soportan la transmisión simultánea de mensajes a varios receptores.

4.2. Conmutación

Para poder existir la transmisión de información en una red se necesita un sistema de conmutación. Existen cuatro tipos de conmutación los cuales son:

- Difusión: también llamado *broadcast*, su función es transmitir a todos los nodos de la red y dependiendo del receptor, él decide si el mensaje es para él o no.
- Conmutación de circuitos: trabaja a través de los circuitos donde el emisor tiene un circuito propio y envía la señal al receptor donde el también tiene su propio circuito receptor.

- **Conmutación de paquetes:** envía paquetes desde el origen hacia el destino, los paquetes que llegan a un nodo se almacenan en la memoria del computador de ese nodo y luego son procesado por un programa que les envía hacia su destino eligiendo uno de los circuitos salientes que llevará al paquete a otro nodo que está más cerca del destino que el nodo anterior. Esta transmisión toma pocas decenas de microsegundo y algunas veces muy esporádicamente milisegundos para encaminar los paquetes en cada nodo de la red, todo depende del tamaño y pueden ser que lleguen a otros nodos antes de llegar al destino que le corresponde.
- *Frame relay:* también llamado retransmisión de marcos, tiene ventajas sobre los dos anteriores mencionados, solucionando la dificultad de retardo al conmutador, los marcos pasan a través de los nodos de conmutación como pequeños flujos de bits.

4.3. Protocolos

Son grupos de reglas que definen los procedimientos convenciones y métodos utilizados para transmitir datos entre dos o más dispositivos conectados en red, ayudan a que el *software* pueda desarrollarse independientemente en diferentes plataformas de programación al igual que en diferentes sistemas operativos de computadoras. El protocolo es implementado por dos módulos de *software* localizados en el emisor y receptor de mensajes donde el módulo del emisor transmitirá el mensaje, partiéndolo en paquetes y el módulo del receptor lo recibirá, uniendo los paquetes.

El *software* de red está jerarquizado en capas; las capas representan una interfaz entre ellas mismas, cada capa se comunica a través de los protocolos que se encuentran encima o debajo de él por medio de los procedimientos, de este tipo de sistema se deriva grandes beneficios dado que simplifican y generalizan las interfases de *software* para el acceso a los servicios que proporciona la red.

Con la investigación y desarrollo de Internet surgieron el conjunto de protocolos TCP/IP (Protocolo de control de transmisión)/ (Protocolo de Internet), proporcionan los servicios y protocolos a nivel de aplicación Web (HTTP), el correo electrónico (SMTP, POP), las redes de noticias (TNP), la transferencia de archivos (FTP), y la conexión remota (TELNET). El protocolo de transporte (TCP) tiene dos protocolos en conjunto los cuales son el TCP y UDP, el protocolo TCP es orientado a la conexión fiable, en cambio el protocolo UDP no garantiza la fiabilidad en la transmisión y es un protocolo de paquetes. El protocolo IP se encarga de transmitir paquetes de un host a otro, proporciona un servicio de entrega no del todo fiable ya que no existe garantía de entrega, dado que los paquetes pueden perderse, duplicarse, sufrir retrasos o ser entregados en orden distinto al original

4.4. Tecnología que maneja la telecirugía

La información que maneja la telecirugía se puede transmitir de forma continua y discreta, cuando es realizada en forma continua como la voz es representado por señales de energía que varía algunas veces en valores no muy discretos. La información se maneja en tiempo real, donde dos usuarios están conectados y comparten al mismo tiempo la información.

Existen dos tipos de información básicas manejadas por la telecirugía los cuales son el audio y video.

4.4.1. Audio

El sonido es producido por la vibración de la materia. Esta vibración se transmite a través del aire en lo que llamamos una onda acústica. La forma de esta onda se repite a intervalos regulares que son llamados períodos.

Cuando las ondas son creadas de forma natural son pocas veces uniformemente periódicas. Cuando lo son, se perciben como más musicales que las no uniformes.

La frecuencia de una onda acústica es el recíproco del período, es decir, cuantas veces oscila esa onda por unidad de tiempo. Una oscilación por segundo corresponde a una frecuencia de un hertz (hz). El oído humano es capaz de percibir sonidos con frecuencias entre los 20 y 20,000 hz. Algunos animales son capaces de escuchar sonidos sobre esos valores.

En los sistemas multimedios interesa usar sonidos que son percibidos por humanos, por este motivo se le llamará audio al sonido que tenga frecuencias en este rango.

Una onda acústica tiene también una amplitud, que se percibe como el volumen. Para digitalizar un sonido, se toman muestras de la amplitud de su onda a intervalos regulares, lo cual produce una serie de números que representan al sonido. Este trabajo es realizado con un convertidor análogo-digital. La tasa a la cual se toman muestras es llamada la tasa de muestreo y se mide en hertz.

Los sonidos están compuestos por varias ondas superpuestas. Para digitalizar el sonido se debe tomar muestras a una tasa del doble de la frecuencia más alta. Esto explica la alta tasa de muestreo de los cd. Para ser percibida perfectamente por el oído humano debe más del doble del ancho de banda audible para el oído humano.

Las muestras son tomadas en tiempos discretos, el valor de la muestra también es discreto.

El oído es muy sensible a variaciones en el sonido, aunque éstas duren sólo unos pocos milisegundos.

4.4.2. Video

El ojo humano retiene una imagen iluminada en la retina por algunos milisegundos antes de desaparecer. Si una secuencia de imágenes es desplegada a, por lo menos 50 imágenes por segundo, el ojo no percibirá que está mirando imágenes fijas. Todos los sistemas de video (televisión y monitores de computación) utilizan esta propiedad. En los sistemas de video, las imágenes utilizadas para generarlo son llamadas cuadros (*frames*). La relación entre el número de píxeles horizontales y verticales determina la relación de aspecto del sistema.

En los sistemas análogos se representa cada cuadro (que una imagen bidimensional), como una función de voltaje unidimensional en el tiempo. Para capturar la imagen, la cámara observa un rayo de electrones que recorre la imagen de arriba hacia abajo, el video en colores utiliza el mismo patrón de captura y despliegue del video en blanco y negro pero en vez de haber un rayo de electrones hay tres, que capturan la intensidad de cada color primario aditivo: rojo, verde y azul (RGB). Luego es necesario componerlas en un solo flujo, generándose una señal llamada compuesta. Sin embargo, en los distintos países se adoptaron formas diferentes de representar el color, lo que ha llevado a que los sistemas sean compatibles.

4.5. Tecnologías de descompresión y compresión

Ya que para manejar este tipo de información se necesita un gran ancho de bando, porque es un recurso escaso, es necesario considerar las tecnologías de compresión.

4.5.1. Compresión y descompresión de audio

Hay dos principios psicoacústicos que son aprovechados por los compresores de audio: el umbral de audibilidad y el enmascaramiento. El primero sucede cuando un sonido es muy débil y está por debajo del umbral audible.

El enmascaramiento sucede cuando dos sonidos de frecuencia similar suceden simultáneamente o con pequeñas diferencias de tiempo. El sonido más fuerte enmascara al más débil, haciendo que no sea audible.

Los compresores ignoran los sonidos muy débiles y reducen la precisión digital (bits) a los sonidos con menor audibilidad.

Otra característica del oído es que sólo se escuchan sonidos entre los 10 y 2,000 Hz. En las frecuencias más altas es menos sensible, pero algunos algoritmos transforman la señal del dominio del tiempo al de la frecuencia y le otorgan menor precisión a las frecuencias más altas.

Los algoritmos utilizados para la compresión del audio ITU-T μ -Law y A-Law que utilizan una escala logarítmica para asignar los bits según la frecuencia. Las bandas a las que efectivamente es sensible el oído son llamadas bandas críticas.

4.5.2. Compresión y descompresión de video

De todos los tipos de datos, el video es sin lugar a dudas el más difícil de comprimir. Requiere de mucho ancho de banda, en aplicaciones es necesaria la compresión/descompresión en tiempo real, requiere canales con poco retardo, se necesita compatibilidad con los estándares de televisión y con los de transmisión de datos y por último, el mercado exige excelente calidad a bajo costo.

Se puede pensar que la compresión de video es similar a la de imágenes. Uno puede imaginarse que el video es sólo una secuencia de imágenes (llamados cuadros o *frames*). Entonces basta aplicar las técnicas de compresión de imágenes a cada cuadro. Las técnicas usadas en compresión de video incluyen:

- Transformaciones del espacio de colores.
- Reducción en la resolución de la imagen. Sólo si la aplicación lo permite.
- Compresión en cada cuadro.
- Compresión entre cuadro usando técnicas de reducción de redundancia.
- Compresión mediante codificación por entropía (sin pérdida).

4.6. Tecnología de comunicación para la telecirugía

Conforme el avance de la tecnología de comunicación se han desarrollado sistemas con exigencias grandes en la transmisión de su información, se cuenta con un medio de transmisión muy apto para poder llenar las exigencias en la telecirugía llamado fibra óptica.

4.6.1. Fibra óptica

Se compone de tres partes: fuente de luz, la fibra y el detector. Cuando la fuente de luz (un LED o un láser) emite un pulso de luz representa un 1, si no lo hace es un 0. El pulso de luz no se deteriora ni sale de la fibra, gracias a una propiedad óptica: si el ángulo en que un rayo incide en la frontera de un medio, es mayor que un valor predeterminado (que depende del medio), el rayo se reflejará completamente. La fibra

óptica está compuesta por un núcleo y un recubrimiento. Ambos son de vidrio, pero de características distintas, como por ejemplo el ángulo de refracción. Las características de la fibra óptica, la hacen un medio.

4.6.2. Microondas

Tiene usualmente una frecuencia de 10 GHz y permiten altos anchos de banda. Pero su dificultad es que se propaga linealmente, por lo que se debe alinear al emisor con el receptor instalando altas torres sin obstáculos entre medio. Los móviles de televisión en una ciudad utilizan este tipo de tecnología.

4.7. Tipos de redes

A continuación una breve descripción de los tipos de redes según su extensión:

4.7.1. Redes de área local

Los *hosts* de este tipo de red se encuentran a un único medio de comunicación transmitiendo mensajes a velocidad relativamente grande, conectados con un cable de par trenzado, un cable coaxial o una fibra óptica. Las redes de área local grandes están compuestas de segmentos (sección de cable que da servicio y que puede tener varios computadoras conectadas) interconectadas por computadores (*switches*) o concentradores (*hubs*), su ancho de banda total es grande y la latencia pequeña aunque cuando el tráfico es muy alto aumenta la latencia.

La tecnología dominante de estas redes es el *ethernet* con desventajas en la latencia y ancho banda necesario para la aplicación multimedia, surgiendo el ATM para resolver estas desventajas evitando el costo en la implementación de la multimedia en redes de área local.

4.7.2. Redes de área extensa

Los mensajes transmitidos pueden viajar entre nodos de diferentes organizaciones, separadas por grandes distancias, aunque su velocidad disminuye. Su medio de comunicación se compone por un conjunto de círculos de enlazadas mediante computadoras dedicados, llamados routers o encaminadores encargados de administrar la red de comunicaciones y encaminan mensajes o paquetes hacia su destino, produciendo en algunos momentos retardos en cada punto de la ruta por las operaciones de encaminamiento, por ello la latencia total de la transmisión de un mensaje depende de la ruta seguida y de la carga de tráfico en los distintos segmentos que atraviese, las señales se transmiten a una velocidad aproximada a la de la luz, estableciendo un límite inferior a la latencia en las transmisiones largas.

4.7.3. Redes de área metropolitana

Se encuentran basados en el gran ancho de banda en el cableado de cobre y fibra óptica actualmente instalados para transmisión de videos, voz y otro tipo de datos, ha sido diseñado para satisfacer requerimientos de las redes WAN, en este tipo de redes se han utilizado tecnologías de red desde Ethernet hasta ATM. Los MODEM de cable y los DLS (digital subscribe line) son ejemplos de WAN enfocados al área metropolitana.

4.7.4. Redes inalámbricas

Diseñado para la conexión de los dispositivos portátiles (teléfonos, computadoras, etc.) y de mano algunos utilizan tecnología IEEE802.11 (Wave Lan). Cuenta con un ancho de banda disponible restringido y con limitaciones en sus protocolos también llamados protocolos de aplicación inalámbrica (WAP).

4.7.5. Interredes

Es un sistema de comunicación compuesto por varias redes que se han enlazado juntas para proporcionar unas posibilidades de comunicación ocultando las tecnologías y los protocolos y métodos de interconexión de las redes individuales que la componen. Este tipo de red es utilizada para aplicaciones de sistemas distribuidos abiertos extensibles.

Es construido con base en varias redes conectadas por computadoras dedicadas llamadas *routers*, computadoras (*gateways*) y por un subsistema integrado de comunicación realizado por una capa de *software* que soporta el direccionamiento y la transmisión de datos a los computadores a través de la interred.

Al construir una interred se deben cumplir los siguientes requerimientos:

- Para que sea posible dirigir los paquetes a cualquier *host* conectado en cualquier red debe existir un esquema de direccionamiento unificado.
- Hay que definir un protocolo que especifique el formato de los paquetes y las reglas según serán gestionados.
- Componentes que conecten las redes para que se encaminen los paquetes y lleguen a su destino aún siendo las redes hechas de tecnología variada.

Los componentes se deben de encargar de las conexiones de las redes, las cuales son:

- *Routers*: son responsables de reenviar paquetes de interred que llegan hacia las conexiones salientes correctas para lo cual se mantienen las tablas de encaminamiento.

- Puentes: también llamados *bridges* se encargan del enlace de las redes diferentes y efectúan funciones de encaminamiento.
- Concentradores: comúnmente conocidos como *hubs*, conecta *hosts* y segmentos de redes locales de difusión.
- Conmutadores (*switch*): su función es similar a un *router*, solo que funciona con redes locales.
- Túneles: se utiliza cuando un par de nodos o dos redes necesitan comunicarse a través de algún otro tipo de red o sobre un protocolo extraño, construyendo un protocolo de túnel.

Comparación de los tipos de redes por su extensión ancho de banda, latencia (figura 43).

Figura 43. Comparación de tipos de redes

TIPO DE REDES			
	RANGO	ANCHO DE BANDA	LATENCIA (ms)
LAN	1 km - 2 km.	10 -	1-10
WAN	Mundial	1.000	100-500
MAN	2 km. - 50 km.	0.010 - 600	10
LAN inalámbrica	0.15 km.-1.5 kms.	1 - 150	5-20
WAN inalámbrica	Mundial	2 - 11	100-500
Internet	Mundial	0.010 - 2	100-500
		0.010 - 2	

Fuente:<http://exa.unne.edu.ar/depar/areas/informatica/SistemasOperativos/MonogSO/REDES02.htm>

4.8. Redes aptas para la telecirugía

En el apartado anterior se presenta la información que se maneja en la telecirugía y por ello se necesita tecnología de comunicación, que sea apta para transmitir dicha información en el tiempo necesario, tratando que no se pierda.

El modelo ISO para el sector de la informática médica determinó seis aspectos importantes a manejar con los productos de *software* en la tecnología de la información abarcada para la telemedicina en el desarrollo de sus aplicaciones los cuales son (figura 44):

Figura 44. Aspectos importantes del producto de *software*

FIABILIDAD	Madurez, tolerancia a fallos, recuperable, disponible, degradable.
EFICIENCIA	En el tiempo necesario con los recursos.
PORTABILIDAD	Adaptabilidad, estabilidad, adecuación, reemplazable.
FUNCIONALIDAD	Adecuado, exactitud, interoperatividad, cumplimiento, seguridad, trazabilidad.
USO	Comprensible, fácil de aprender, operatividad, explícito, fácil de personalizar, atractivo, claro, de gran ayuda, fácil para el usuario.
MANUTENCIÓN	Analizable, intercambiable, estable, comprobable, manejable, reutilizable.

Fuente: <http://www.mifound.org/telemedicine/htms/programa.htm>

4.8.1. Redes ATM multimedia

Su función más importante es la transmisión de datos multimedia como la voz o vídeo, este tipo de red es muy rápida se basa en la conmutación de paquetes que trabaja

con el método de encaminamiento de paquetes conocido como retransmisión de celdas (figura 45).

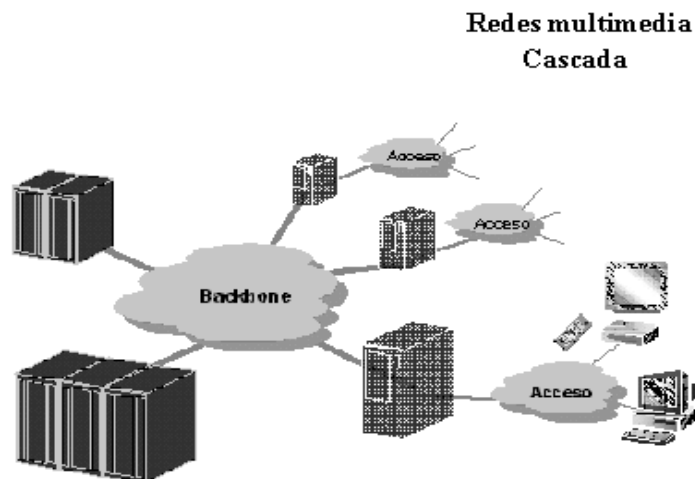
Este tipo de tecnología se puede implementar en redes de telefonía sincronicas existentes, además de poder implementar en el modo nativo directamente sobre fibra óptica.

Figura 45. Protocolo ATM

8	7	6	5	4	3	2	1
Control de flujo genérico (GFC)							
Circuito virtual (VCI)							
Circuito virtual (VCI)							
VCI				PT		CLP	
Control de error de la cabecera (HEC)							

Fuente: <http://www.upsp.edu.pe/periodico/Figura7.html>

Figura 46. Redes multimedia cascada



Fuente: <http://anpat.drmm.uniud.it/ctc/resources/MULTIMED.ppt>

4.8.2. Redes RDSI

Red Digital de Servicios Integrados, facilita conexiones digitales extremo a extremo.

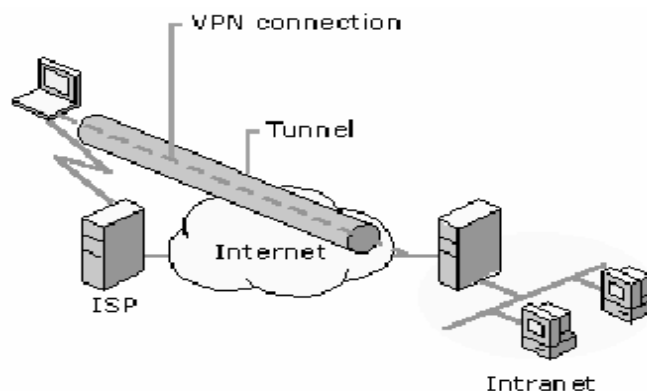
Evoluciona la red telefónica permitiendo la integración de multitud de servicios en único acceso, independientemente de la naturaleza de la información por transmitir y de su equipo terminal que lo genere.

Entre los servicios que puede proporcionar son los de teleservicio, entre ellos se encuentra la telecirugía. Tiene un canal que permite manejar a una gran velocidad de 64 kb por segundo multiplicado por n valores validos que son de 2 a 30.

4.8.3. Redes virtuales (VPN)

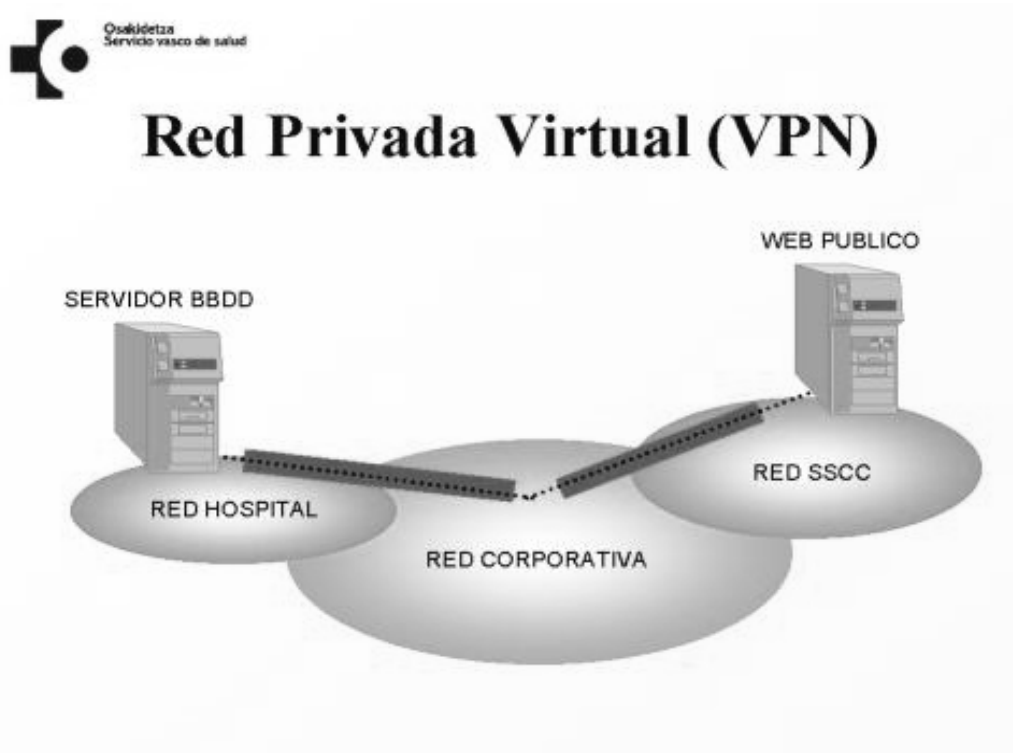
Las redes privadas virtuales crean un túnel o conducto dedicado de un sitio a otro. Las VPNs son una opción de costo útil, para usar líneas alquiladas que conecten sucursales o para hacer negocios con clientes habituales. Los datos se encriptan y se envían a través de la conexión, protegiendo la información y su clave (figura 47).

Figura 47. Red virtual



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos11/repri/repri.shtml>

Figura 48. Red privada virtual



Fuente: <http://www.seis.es/inforsalud99/m01/003/sld007.htm>

La tecnología de VPN proporciona un medio para usar el canal público de Internet como un canal apropiado para comunicar los datos privados. Con la tecnología de encriptación y encapsulamiento, una VPN básica, crea un pasillo privado a través de Internet, instalando VPNs, se consigue reducir las responsabilidades de gestión de usuarios.

4.9. Internet2 para la telecirugía

Internet está basada en los protocolos TCP/IP, TCP protocolo de nivel de transporte e IP en el nivel de red. En Internet cada paquete busca su destino, independiente del camino que encuentren.

Internet2 es un proyecto que está diseñando (más de 100 universidad apoyadas por el gobierno de EE.UU. y de empresas privadas) para mejorar el Internet para poder trabajar aplicaciones como telecirugía y muchos más, ya que mejora la calidad de servicio, multicast, escalabilidad de la capacidad y velocidad.

4.10. Estándar DICOM para la telecirugía

Su significado es el de la comunicación en medicina de imagines digitales, su objetivo es lograr una interfaz común para todos los dispositivos de imágenes.

Define clases, objetos y mensajes permitidos en lo que es llamado SOP, es una clase elemental de funcionalidad, consta de nueve partes para la comunicación en red, punto a punto los cuales son:

- Introducción
- Conformidad
- Objetos
- Clases de servicio
- Estructura de datos y semántica

- Diccionario de datos
- Intercambio de mensajes
- Soporte a redes
- Punto a punto

4.11. Aspectos técnicas y recursos de seguridad aplicados en la telecirugía

La seguridad en la telecirugía se maneja en varios aspectos desde la transmisión de la información hasta los riesgos que pueden ocurrir con sus dispositivos. Los riesgos que se corren son:

Mecánico, químico/biológico, térmico, eléctrico, magnético. Que suelen afectar al paciente, equipo médico, al sistema, instrumentos, ya que puede suceder error en la computadora o la programación, el usuario, defecto mecánico, desconexión eléctrica, transmisión de datos, este último tratando de la tecnología de la comunicación.

4.11.1. Seguridad de redes

Cuando las redes se encuentran conectadas a la Internet pueden encontrarse vulnerables ante un ataque (un usuario no deseado tienen acceso a la información) en la red, para evitar esas vulnerabilidades existen los cortafuegos (*firewall*) que supervisan y controlan todas las comunicaciones entrantes y salientes de una Intranet. Sus políticas son las siguientes:

- Control de servicios: determina qué servicios son accesibles de cada *host* desde el exterior y rechaza cualquier otra petición no disponible.
- Control del comportamiento: evita que infrinjan las políticas de la organización.
- Control de usuarios: determina qué usuarios del exterior tengan algunos accesos al servicio

Para cumplir con las políticas se realizan mediante operaciones de filtrado, el filtrado es realizado en niveles, los cuales son:

- Filtrado de paquetes IP: examina los paquetes IP individualmente, llevándose a cabo por un proceso dentro del núcleo del sistema operativo del *router*.
- Pasarela TCP: revisa todas las peticiones de conexión TCP y las transmisiones de segmentos.
- Pasarela del nivel aplicación: una *proxy* puede ser una pasarela de nivel aplicación, donde el aprueba la operación de petición y transmite todos los paquetes TCP en ambas direcciones.

La seguridad puede mejorar empleando dos *routers* filtros en serie con el bastón y los servicios públicos colocados en una subred separada que enlaza los dos *routers* filtros, ya que el *host* de la red no tiene porque conocerse desde el mundo exterior y las direcciones exteriores tampoco necesitan ser conocidas por los nodos interiores, ya que todas la comunicaciones externas pasan a través de los proxies del bastón.

4.11.2. Cortafuego

Intercepta y controla todo el tráfico entre redes con diferentes niveles de confianza, las características son:

- Todo el tráfico desde una red no confiable deber ser presentado al cortafuego y ser chequeado por los permisos de acceso.
- Debe ser inmune el sistema a las penetraciones.
- Puede ser un *software* a un *hardware* como una plataforma de informática o un encaminador.
- Diseñados para manejar protocolos de comunicación.
- Es normalmente una computadora de Internet seguro.
- Provee control de acceso basado en protocolos de comunicación.

Sus propósitos son:

- Acceso controlado servicios aceptados.
- Monitoreo y registra al tráfico que pasa por él.

Figura 49. Sistema cortafuegos



Fuente: <http://www.seis.es/inforsalud99/m01/003/sld009.htm>

4.11.3. Ipsec

Está basada en modernas tecnologías criptográficas, que hacen posible una autenticación de datos y garantías de privacidad muy fuertes.

Hace posible la realización de redes privadas virtuales seguras tan seguras como las redes LAN aisladas y sin costo efectivo, trabaja a un nivel de red, pero no son vistos funcionando en el trasfondo, asegurando la comunicación, ofrece tres tecnologías de sincronización, para frustrar todas las amenazas tradicionales basadas en IP.

- Cabecera de autenticación
- Carga de seguridad de encapsulación
- Intercambio de claves de Internet

5. LA REALIDAD VIRTUAL EN LA TELECIROGÍA

5.1. Introducción

La realidad virtual ha ayudado a la telecirugía para poder colocar al cirujano cuando realiza una operación, dentro de la cavidad del tórax de una manera más real, sin necesidad de estar dentro de ella.

Este capítulo presenta la manera como la realidad virtual es incorporada en la telecirugía, presenta los dispositivos utilizados en él y como maneja la información necesaria.

5.2. Definición de la realidad virtual

Realidad es definida por el diccionario como: “la cualidad o estado de ser real o verdadero” mientras que virtual es definida como: “que existe o resulta en esencia o efecto pero no como forma, nombre o hecho real”.

La realidad virtual se encarga de sumergir al ser humano, manipulando todos sus sentidos -tacto, vista y oído- a un ambiente tridimensional simulado por una computadora, de una manera interactiva y autónoma en tiempo real. Un sistema de realidad virtual consta de varias características básicas:

- **Interacción:** permite que el usuario determine las tareas de la aplicación respondiendo a los estímulos de él, construyendo una dependencia entre ellos. Consta de dos aspectos los cuales son la navegación, donde el usuario puede moverse independientemente alrededor del mundo y poder verse a sí mismo de

diferentes puntos de vista y la dinámica del ambiente, donde los componentes del sistema virtual interactúan con el usuario para intercambian información o energía.

- **Inmersión:** donde bloquea toda distracción para que el usuario pueda enfocarse selectivamente a la información y tareas que efectúa, construyendo una base de datos de experiencias, estimulando de esta manera el sistema natural de aprendizaje humano.
- **Imaginación:** también identificado como la simulación tridimensional del sistema, que manipula el sentido de la vista dándole forma al espacio virtual, mostrando al usuario en tres dimensiones del mundo real el sistema virtual, el sentido del oído con los sonidos que tienen efecto estereofónico esto significa con dirección y el sentido del tacto.

Las experiencias prolongadas en sistemas de realidad virtual ocasionan efectos colaterales ya detectados, llamados como la enfermedad de la simulación, el cual presenta los síntomas de náuseas, fatiga visual y desorientación espacial; ocasionado por el “conflicto de pistas” que sucede cuando los sentidos reciben información incorrecta en sus reacciones en tiempo real y sus acciones físicas y visuales.

5.3. Historia de la realidad virtual

El concepto de la realidad virtual lleva 34 años de surgir, fue en 1965 que Ivan Sutherland publicó un artículo llamado “The Ultimate Display” en el que describía que es la realidad virtual, este trabajo fue básico para subsecuentes investigaciones. En 1966 creó el primer casco visor el cual fue llamado “Espada de Damocles”, en 1968 con David Evan crean el primer generador de escenarios con imágenes tridimensionales, datos almacenado y acelerados, además de fundar la sociedad Evans & Sutherland.

En la década de los 70 se trabajó con este tipo de tecnología innovando sistemas y equipos especiales para la realidad virtual, entre ellos se encuentran tesis de mucha ayuda en el campo como ejemplo: “iluminación de imágenes” por Bui-Tuong Pong en 1973, “El uso de la Cinemática en un Sistema Interactivo Gráfico por P. J. Kilpatrick en 1976; dentro los equipos encontramos el simulador de vuelo, con presentaciones gráficos en la pantalla, fue hecho por Redinfon Ltd, Reino Unido en 1971, mientras que en 1972 General Electric con el apoyo de la armada norteamericana desarrollan el primer simulador de vuelo computarizado. En 1977, Dan Sandin y Richard Sayre innovan un guante sensitivo a la flexión, este equipo después es utilizado en la medicina. En 1979 es diseñada la perspectiva óptica mejorada de extensión larga por Eric Howlett.

En los 80 es reconocida como una tecnología viable, en 1981 desarrollan la “Cabina Virtual” por Thomas Furness, en 1982 presenta el más avanzado simulador de vuelo. La NASA (National Aeronautics and Space Administration) en 1987 perfecciona la primera realidad sintetiza por computadora a través de la combinación de imágenes estéreo, sonido 3-D, guantes y mucho más tecnología.

Ya en 1990 perfeccionan y patentan el guante de retroalimentación tangible realizado por J. R. Hennequin y R. Stone. SGI, en 1993, anuncia su primer motor de realidad virtual.

5.4. Realidad virtual en la telecirugía

La realidad virtual ha sido utilizada en la aplicación de la endoscopía en estéreo en los cuales transmiten dibujos tridimensionales a los ojos del médico a través de una unidad de presentación montada sobre la cabeza para que pueda hacer una cirugía mínima invasora, como si estuviera dentro del paciente. La realidad virtual y las tecnologías micromáquinas han sido mezcladas con control remoto, formando parte de

la cirugía mínima invasora ayudando a los cirujanos a realizar teleoperaciones con dispositivos en sus pacientes.

La realidad virtual ayuda a que se realicen intervenciones quirúrgicas en lugares muy inaccesibles realizando exhibiciones amplias de dichos lugares manteniendo un paralelismo con la realidad, proporcionando a los cirujanos una opción añadida para ayudarles a visualizar mejor cuando realizan la intervención quirúrgica.

En el Hospital Militar Silas B. Hays en Fort Ord, en California están diseñando un sistema para agregar dimensión virtual a las técnicas quirúrgicas que incluían laparoscopia y videoendoscopia, construyendo un simulador relativamente simple a partir de un equipamiento móvil y código, contiene un abdomen virtual con estómago, páncreas, hígado, bilis y vesícula biliar y un buen número de dispositivos de manipulación quirúrgicas.

5.5 Componentes de un sistema de realidad virtual para la telecirugía

Para poder trabajar con un sistema de realidad virtual se necesitan componentes que se dividen en *hardware* y *software*.

5.5.1. Hardware

El *hardware* está compuesto por los elementos externos del sistema, se encuentra dividido en dispositivos de entrada y salida.

5.5.1.1. Dispositivos de entrada

Con los dispositivos de entrada el usuario puede transmitir sus órdenes al sistema de realidad virtual, informándole que desea desplazarse o cambiar el punto de vista o

interactuar con algún objeto. Entre los dispositivos de entrada se encuentran los elementos de control y los rastreadores de posición y movimiento.

5.5.1.1.1. Guante

En los guantes (figura 50) se utiliza dos tecnologías las cuales son: los exoesqueletos y los guantes de datos.

La estructura mecánica de los guantes exoesqueletos es paralela y sobrepuesta a la mano con rotores y sensores en cada articulación, son muy precisos y son utilizados en aplicaciones delicadas

Los guantes de datos son de lycra, con los cables son de fibra óptica que recorren los dedos seccionados con las articulaciones de la mano, cada sección se encuentra un dispositivo de un diodo emisor de luz, el cual sirve para detectar un movimiento en la articulación a través de la luz detectada. La información de la curvatura es enviada por cable de fibra óptica, y la información de la posición y de la orientación es enviada eléctricamente, el programa genera y mantiene una versión animada de una mano de movimientos similares. Tiene una similitud con los guantes de esquiar con cables, las conexiones de los guantes son diseñadas para medir la flexión y la extensión de la mayoría de las articulaciones de la mano.

El guante es utilizado primordialmente para transmitir al sistema señales en una dirección y en otras ocasiones es adaptado para transmitir señales en la otra dirección del sistema, incluye en ocasiones sensaciones táctiles. Cuenta con ciertas dificultades una de ellas es que los guantes necesitan ser graduados por separado y el rastreador electromagnético puede tener que ser ajustado a las peculiaridades.

Se encuentran aplicaciones donde los guantes han sido utilizados y entre ellos esta el área de robótica donde se utilizan para dirigir un robot en tiempo real, utilizando la telemanipulación, especialmente en la telecirugía.

Figura 50. Guante



Fuente: <http://www.geocities.com/ResearchTriangle/Campus/3327/hardware.html>

5.5.1.1.2. Traje

El traje es prácticamente un guante para todo el cuerpo, realizado con la misma tecnología, rastrea una serie de acciones al moverse, curvarse o hacer señas tomando coordenadas espaciales para cada parte del traje. Cuenta con más de veinte sensores que recorren las articulaciones del cuerpo.

Esboza en una pantalla la imagen de un cuerpo en un escenario virtual, en donde se generan los movimientos realizados por el usuario. Se ha utilizado para el entrenamiento de la medicina deportiva y en terapias de rehabilitación para víctimas de golpes o lesiones y ayuda preventiva para lesiones repetitivas.

5.5.1.1.3. Rastreadores

Los rastreadores son otros dispositivos que se encuentran en la cabeza y sirven para detectar los movimientos de la cabeza y la manos, es realizado mediante sensores

electromagnéticos y ópticos, dichos movimientos son traducidos a coordenadas de posición y orientación que sirve para presentar las imágenes correspondientes a ese punto de vista. Existen rastros alternativos los cuales pueden ser ultrasónicos, giroscópicos y mecánicos.

5.5.1.2. Dispositivos de salida

Estos dispositivos se encargan de mantener inmerso al usuario en el sistema de realidad virtual realizado.

5.5.1.2.1. Equipos visuales

El equipo visual (figura 51, figura 52) se encarga de presentar las imágenes del sistema. Dentro de éste se encuentran los cascos de visualización estereoscópica; son dispositivos montados sobre la cabeza, son cascos mediante los cuales los dispositivos de visión quedan suspendidos enfrente de los ojos del usuario u otros parecen gafas de bucear sin tubo y los más sencillos son gafas suspendidas con cinta en la cabeza. Sus dispositivos visuales son estereoscópicos con un gran ángulo con color enviando diferentes imágenes a cada ojo, de tal manera que las imágenes recibidas parecen tener profundidad, algunos tienen dispositivos auditivos.

Existen dos aparatos de visión en la cabeza que son los tubos de rayos catódicos y dispositivos de presentación en cristal líquido. Los rayos catódicos son pequeños televisores que proyectan una imagen brillante con alta resolución, comúnmente son pesados voluminosos y gruesos.

Uno de los objetivos de algunos dispositivos de cabeza es colocar a una distancia considerada las presentaciones generadas por computadora, transmitir las imágenes de

alta resolución por medio de fibra óptica para disminuir el peso de los lentes suspendidos cerca de los ojos.

Figura 51. Gafas de Obturación



Fuente: <http://www.geocities.com/ResearchTriangle/Campus/3327/hardware.html>

Figura 52. HDM



Fuente: <http://www.geocities.com/ResearchTriangle/Campus/3327/hardware.html>

5.5.2. *Software*

Un sistema de realidad virtual es efectivamente un *software* que necesita el análisis, desarrollo, mantenimiento de él, dependiendo de la metodología que utilice para desarrollarlo, pero necesita de varios *software* de desarrollo para poder construir grandes cantidades de código para hacerlo funcionar.

Existe la tecnología CASE (*Computer Aided Software Engineering*) que puede ser de gran ayuda en el desarrollo de un sistema de realidad virtual dado que se enfoca a la ingeniería de *software* asistida por computadora, más sin embargo existe el RAD (*Rapid Application Development*) que es un sistema de pequeños equipos que combinan habilidades cruzadas de especialidad y herramientas automatizadas para construir una aplicación compleja muy rápida y se encuentra una técnica de mucho ayuda donde se pueden definir bloques completos de código con significados autónomos y pensados como objetos programados.

Los *software* para la realidad virtual deberán con el tiempo ser independientes de los dispositivos, esto significa que no se limiten a cualquier tipo particular de computadora o sistema; los programas y configuraciones que puedan ser adaptados y modificados creativamente por usuarios y diseñadores son adecuados para el propósito de desarrollo de la realidad virtual.

Para poder realizar un sistema de realidad virtual es necesario que el *software* cumpla con las siguientes características.

- Capacidad para manejar e importar modelos 3D y librerías de objetos 3D.
- Realice operaciones geométricas.
- Distinga el nivel de detalle de los objetos más cercanos frente a los más lejanos.
- Con la navegación que la animación sea sincronizada por el ambiente virtual.

- Objetos organizados por jerarquías = sistema articulado.
- Debe detectar colisiones entre los objetos.
- Propiedades físicas de los objetos.
- Color texturización y fuentes de luz.
- Programación de pequeños programas o macros.
- Manipulación de eventos desde y hacia los elementos externos.
- Permitir la subdivisión del ambiente virtual en submundos.
- Conectividad en red para poder ser utilizado por varios usuarios.

5.6. Haptica

Se encarga de solucionar el problema que se encuentra en la realidad virtual que consta en la falta de estímulos para el sentido del tacto, como ejemplo si un usuario trata de tomar un objeto virtual no existe manera que no sea visual que informe al usuario de que el objeto esta en contacto con su mano virtual, adicional el usuario no puede transportar el objeto. Por todo lo anteriormente mencionado estudia la manera de combinar el sentido humano del tacto con un mundo generado por la computadora, dividiéndose en dos subcampos los cuales son: la retroalimentación de fuerza y la retroalimentación táctil.

La **retroalimentación de fuerza** es el área de la haptica que trata con dispositivos que interactúan con músculos y tendones y dan al humano una sensación de que se aplica una fuerza. Estos dispositivos principalmente consisten de robot manipuladores que proporcionan una reacción de fuerza al usuario con fuerzas correspondientes al ambiente virtual en el que está el órgano terminal. En la figura 53 es una interfase diseñada para simular cirugía laparoscópica, consta de dos herramientas laparoscópica, permitiendo la simulación de fuerzas de agarre asociadas con operaciones como las de un corte, por ello su retroalimentación haptica es de fuerza.

Figura 53. Estación de inmersión de cirugía laparoscopia



Fuente: <http://lorca.umh.es/isa/es/doct/rst/Telecirugia.pdf>

Figura 54. Sistema Vest entrenador de cirugía endoscópica



Fuente: <http://lorca.umh.es/isa/es/doct/rst/Telecirugia.pdf>

En la figura 54 es un simulador de realidad virtual para cirugía mínima invasiva, consta de 2 ó 3 instrumentos de cirugía mínima invasiva, un endoscopio y su retroalimentación es de fuerzas.

Figura 55. Plataforma simuladora laparoscópica Xitact LS500



Fuente: <http://lorca.umh.es/isa/es/doct/rst/Telecirugia.pdf>

En la figura 55 es una interfase diseñada para el entrenamiento y la simulación de cirugía laparoscópica, consta de dos herramientas laparoscópicas con realimentación de fuerzas, un endoscopio para la navegación de la cámara.

La **retroalimentación táctil** trata con dispositivos que interactúan con los nervios terminales en la piel los cuales indican la presencia de calor, presión y textura. Estos dispositivos típicamente han sido usados para indicar si el usuario está en contacto con un objeto virtual. Otros dispositivos de retroalimentación táctil han sido utilizados para estimular la textura de un objeto virtual.

5.7. Información para la telecirugía en la realidad virtual

Para el desarrollo de un entorno virtual, es importante una base de la información ya que el desarrollador alimenta el diseño con material que ayuda a crear escenarios realistas y que más tarde ayuda a reforzar la credibilidad del usuario en el sistema, dicha información proviene de fuentes externas como datos o conocimiento, proporcionando contenido, destreza respectivamente.

El material almacenado en la base se utiliza para construir objetos y entornos virtuales, estos han incrementado su complejidad y tamaño, solicitando interfaces elegantes y eficientes y de un inteligencia embebida (técnicas de inferencia), ayudando al usuario a entender lo que está disponible y ayudarles a extraer fácil los datos, el conocimiento relevante de los mismos, las interfaces virtuales proporcionaran al usuario una aplicaciones de conocimientos nuevos o extraídos a los datos facilitando la interacción a un nivel alto. Los datos son archivos o partes de archivos que se mantienen como recursos para materias particulares.

5.7.1. Bases de datos para tareas específicas

Es la colección de información, datos y conocimiento relativos a técnicas usadas para poder realizar determinadas tareas, pudiendo ser cualquier dato relevante, para llevar a cabo la tarea.

5.7.2. Bases de datos conceptuales

Incorporan los elementos de información, datos y conocimiento que son importantes para el usuario y que desee utilizarlos, siendo una abstracción de alto nivel del mundo en el que el usuario interactúe ya que expresa la percepción de él y de cómo la información debe ser definida y almacenada

5.7.3. Bases de datos expertas e inteligentes

Una de sus funciones es la de representar el conocimiento con capacidad de sacar inferencias de la información almacenada, un sistema experto ayuda al usuario a encontrar información mediante fuentes de información. El modelo abstracto y electrónico de una base de datos inteligente se asemeja a un modelo del mundo real, se puede manipular y manejar la información, los datos y el conocimiento fácilmente y de una manera natural.

5.7.4. Bases de datos en el espacio real

Es una colección de información, que entra a formar parte de un almacén de información disponible para todo, requerida para la reproducción de imágenes en espacio real. Almacenan coordenadas y datos para lugares reales y para imágenes en el espacio virtual y el espacio real.

5.7.5. Bases de datos multimedia

Almacena la información de varios medios como películas, audiciones o videos, que es utilizado para trabajar con la redes que permitan la transmisión de esta información en cantidades largas e inmensas, dándole la capacidad a los usuarios de encadenar o extraer información de varias maneras de la base de datos.

6. TELECIRUGÍA LAPAROSCÓPICA EN GUATEMALA

6.1. Introducción

Como se describió en el capítulo dos la cirugía laparoscópica en Guatemala tiene un gran auge, sin embargo la telemedicina con su aplicación de telecirugía existe un avance muy pequeño y en la telecirugía laparoscópica no hay estatutos de avances en él.

En la actualidad se encuentra un equipo de telemedicina en el Hospital “Gustavo Castañeda Palacios”, de Río Hondo, Zacapa; funciona con una cámara de video que registra el momento de una intervención quirúrgica realizada en el hospital, donde las imágenes son enviadas vía satélite y las recibirán en el hospital, el “Centro de Telesalud del Texas Children’s”, donadora del equipo, se encargará de la supervisión y dirección del trabajo que realicen los médicos locales garantizando que no comentan errores en la intervención .

6.2. Avances tecnológicos en Guatemala

Guatemala ha avanzado conforme la exigencia del mundo moderno, uno de los grandes pasos dados es la incorporación de la Internet, ya que en el año de 1991 existían compañías que proporcionaban servicio de redes pero no era el servicio de Internet, el primer nodo instalado para solo un servicio Internet (Correo Electrónico) fue UUCP (Unix to Unix Copy) el cual era conectado al Nodo Huracán en Costa Rica, y era la única compuerta al mundo. Para 1992 crearon el CONCYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología), y la Comisión de Información e Informática presentó el primer proyecto llamado Mayanet, sin embargo en 1995 se inició el proyecto gracias a el

acuerdo firmado entre CONCYT y GUATEL, GUATEL rebajó en la comunicación vía satélite, ahora existen empresas que ofrecen el servicio comercialmente.

En el área de la robótica, Guatemala cuenta con el desarrollo de robots androides, animatrónicos por parte del Liceo Tecnológico André Ampere. Han creado robot entre los cuales se encuentran: el Animaronic-one; robot con características humanas, puede reproducir todos los movimientos de su operador por medio de un arnés, otras de sus características es el sistema de audio y además de poder reproducir mensajes, implementado con un cerebro electrónico dándole un grado de inteligencia artificial. El siguiente robot fue el llamado Robotrón-G totalmente inalámbrico, responde a órdenes habladas y posee también un sistema de inteligencia artificial, desarrollado en el año del 2002. El tercer robot construido fue el Ampertronic.

6.2.1. Estructura de telecomunicación

En Guatemala se cuenta con una infraestructura amplia de telecomunicaciones en la Ciudad Capital, sin embargo en la región del interior es más pequeña, para solucionar dicho inconveniente se encuentra el Fondo para el Desarrollo de las Telecomunicaciones (Fondetel), que se encarga del desarrollo de servicios de telecomunicaciones básicas en las zonas rurales y de bajos ingresos, Guatemala mantiene una tasa relativamente baja de servicios de telefonía y encontrándose un proyecto de instalación de una Intranet en doce comunidades de los departamentos de Quiché, Baja Verapaz y Sololá.

Actualmente en Guatemala se cuenta con un sistema de microondas digital de 2x140 Mbps que conectan las capitales de cada país centroamericano. Existe una estructura de telecomunicación en Guatemala de fibra óptica con la finalidad de unir las fronteras de Centroamérica y formar una ruta centroamericana de información para poder trabajar en avances como la **telemedicina** y sus aplicaciones, teleeducación y muchos más que se puedan desarrollar. La primera conexión se encuentra entre la

ciudad de Guatemala a San Cristóbal frontera con el Salvador consta de dos sistemas de fibras óptica manteniendo conectividad con Honduras, Costa Rica y Panamá con el cable submarino Maya I, Columbus II a través de México, también se encuentra construido el tramo de Tecún Uman en la frontera con México a la Ciudad de Guatemala y de Ciudad de Guatemala a Agua Caliente frontera con Honduras.

Es necesario que la actual infraestructura troncal de telecomunicaciones se modernice y amplié, para poder enfrentar la demanda de servicios de banda ancha, Internet II, videoconferencias, transmisión de video, teleeducación, **telemedicina y sus aplicaciones**.

6.3. Pasos para la implementación de la telecirugía laparoscópica

Un proyecto de telecirugía con frecuencia consta de los siguientes pasos para poder implementarlos

- Planificación: se determina la topología de los recursos, determinar la tecnología necesaria, decidir la política de reembolso y determinar la rentabilidad del proyecto.
- Implementación: implementar el sistema, validar los resultados clínicamente, capacitar al personal y promover a los pacientes el proyecto.
- Evaluación: evaluar la rentabilidad económica y social.
- Éxito: ampliar el sistema.

El tipo de tecnología de red indicado es el de ATM por utilizar, la topología depende de la necesidad que se desea cubrir, el robot por utilizar puede ser desarrollado en el país, sin embargo existen ya robot aprobados que cumplen con los estándares de calidad pero resultan ser caros, el sistema audio visual puede darse de un televisor que proporcione una visión del interior del paciente, pero se encuentran sistemas en 3D que ayudan a una mejor visión. El diseño del quirófano debe de ser ergonómico, garantizando la comodidad y seguridad del paciente.

6.3.1. Límites y alcances

Entre los límites en que se encuentra la telecirugía laparoscópica en Guatemala.

- Su estructura de telecomunicación es muy limitada que no llena los requisitos para poder transmitir gran información y cumplir con los estándares necesarios para implementar la telecirugía laparoscópica.
- Aunque el tema de la economía no ha sido tocado, es un gran límite encontrado, donde para realizar estos proyectos implica un gran costo monetario.
- No se cuenta con suficiente personal capacitado para elaborar un sistema completo.
- No existe la unificación correcta del personal necesario para poder implementar este tipo de sistema.
- No hay suficientes empresas dedicadas al avance de este tipo de sistemas.

Entre los alcances que puede darse con la implementación.

- Mejor acceso de los pacientes en las zonas rurales a los especialistas, en la Ciudad Capital.
- Comunicación de especialistas no ubicados en el país.
- Un gran avance en la fusión de dos tipos de profesionales para el beneficio de la población.
- Acortar distancias entre los avances mundiales.

6.4. Ventajas y desventajas

Las ventajas con que cuenta la telecirugía laparoscópica son las siguientes:

- Acercamiento entre la nueva tecnología y la incorporación dentro de la práctica médica.
- Mayor exactitud espacial en tercera dimensión con los robot.
- Más confiabilidad y mejor precisión.
- Poder realizarse operaciones cardíacas complejas.
- Los brazos robóticos son diminutos en comparación con las manos del ser humano.
- Apropiada para pacientes jóvenes.

- Mejor manejo y manipulación del video endoscopio que la de un asistente de cirugía.
- Disminución del uso del personal.
- Reducción de riesgos de infección.
- Reducción del tiempo de operación.
- No se necesita que esté presente el especialista cirujano.
- No se necesita viajar a donde se encuentra el especialista cirujano.

Entre sus desventajas se encuentran:

- El grado de seguridad de la información que se traslada por la red.
- Los movimientos de los dispositivos son restringidos.
- La información del video de tercera dimensión es extensa y por ello deben ser compresos.
- Cuando se aumenta la velocidad se pierde mayor la claridad del video por su grado de compresión.
- Cuando el ambiente es húmedo, pegajoso o seco no pueden ser percibidos por las sensaciones táctiles.
- No detecta los olores comunes de una sala de operación.

- La televisión en la sala de operación transmite imágenes en dos dimensiones.
- No ejecuta maniobras con destreza el brazo mecánico del robot.
- No es muy rápido el brazo mecánico comparado con el movimiento humano.
- Se necesita la presencia de un ingeniero.

CONCLUSIONES

1. En la actualidad la globalización en las telecomunicaciones rompe la barrera de la distancia, asegurando con la telecirugía que el juramento de Hipócrates, se transforme en una acción, la conservación de la vida como objetivo principal.
2. La tecnología está al servicio de la humanidad, y los avances de estas áreas de telecomunicación robótica, realidad virtual, fusionadas con la medicina permiten facilidad de acceso a especialistas médicos y la mejora de él.
3. En la telecirugía es muy importante manejar bien, todo lo que abarca el concepto de seguridad paciente, equipo médico al sistema, instrumentos para que se eviten errores en la computadora o la programación, la comunicación del usuario, el defecto mecánico, la desconexión eléctrica, transmisión de datos (seguridad en las redes), porque es importante asegurar el completo éxito del paciente, ya que su vida se encuentra en riesgo.
4. La principal ventaja del uso de la telecirugía, como la rama más especializada de la telemedicina, es sustituir por una máquina robot la presencia de un cirujano, por uno a distancia, realizando con éxito cualquier cirugía, teniendo en cuenta la participación de un equipo completo de auxiliares para el robot y el paciente
5. Actualmente en Guatemala se cuenta con ciertos recursos en telecomunicación para poder realizar un proyecto de telecirugía pero aún faltan otros, como la robótica y el personal capacitado que forman parte de los requisitos mínimos para un proyecto de este tipo.

6. Existe un desafío en la actualidad, el ser pioneros en el desarrollo de este campo, preparando profesionales en la materia de telecirugía

RECOMENDACIONES

1. Es necesario que se desarrollen maestrías para ingenieros e ingenieras en telecirugía las cuales deben de impartir los conocimientos necesarios e indispensables de cirugía así como aportar centros de investigación para practicar en dichos conocimientos.
2. Uso de un enlace dedicado para crear una red de telecirugía ya que por el momento se encuentra en desarrollo el sistema internet2 que llega a solucionar el problema de tiempo en Internet y el manejo de información multimedia que sirve mucho en la telecirugía.
3. Se necesita contar con centros de telecirugía colocados estratégicamente, como la solución a muchos de los problemas de salud en Guatemala enlazando a médicos del interior con los de la ciudad capital descentralizando así el acceso a los especialistas.
4. El trabajo queda abierto a mejoras de contenido conforme los avances tecnológicos surjan. El nivel y la profundidad del contenido pueden mejorarse debido a que existe una extensa gama de proyectos en desarrollo que trabajan con la telecirugía y publicaciones sobre la variedad de tecnología para ese tipo de sistemas.

BIBLIOGRAFÍA

1. <http://www.med.uchile.cl/otros/laparosc/cap01.pdf>. **Antecedentes históricos de la laparoscopia**. septiembre 2003.
2. <http://www.medigraphic.com/espanol/e-htms/e-circir/e-cc2001/e-cc01-6/em-cc016g.htm>. **Brazo robótico para sujetar y posicionar laparoscopios. Primer diseño y construcción en México**. Diciembre 2001.
3. <http://www.quik.guate.com/ebehrens/medio3.htm>. **Cirugía Laparoscópica**. Junio 2004.
4. <http://www.cirujanosdechile.cl/Revista/vol53ago2001!/CIR401C.PDF>. **Cirugía laparoscópica: Experiencia y realidades**. agosto 2001
5. <http://www.laparoscopia.org>. **Cirugía Laparoscópica. Introducción**. Agosto 2003
6. <http://ciberhabitat.com/hospital/robotica/antecedentes.htm>. **Cirugía Robótica**. Septiembre 2004
7. <http://www.deguate.com/foros/messages/816/1070.html?1057105080>. **Desarrollo de la Robótica en Guatemala**. julio 2003.
8. <http://www.med.uchile.cl/otros/laparosc/cap06.pdf>. **Equipos e instrumental laparoscópico**. noviembre 2001.
9. <http://www.geocities.com/ResearchTriangle/Campus/3327/>. **Estudio de la telecirugía**. agosto 2003.
10. <http://www.geocities.com/ResearchTriangle/Campus/3327/hardware.html>. **Hardware**. agosto 2003.
11. http://trueforce.com/Medical_Robotics/Medical_Robotics_Companies/zeus.htm. **Industry Profile: Computer Motion Inc. – Zeus**. marzo 2005.
12. <http://robotics.eecs.berkeley.edu/~mcenk/medical/index.html>. **Medical Robotics at UC Berkeley**. enero 2002.
13. <http://www.mifound.org/telemedicine/htms/programa.htm>. **Principales aplicaciones de la telemedicina**. mayo 2004

14. <http://proton.ucting.udg.mx/materias/robotica/>. **Robótica.** enero 2004.
15. <http://www.chi.itesm.mx/~cim/robind/robotica.html>. **Robótica Industrial.** enero 2004.
16. <http://www.medigraphic.com/espanol/e-htms/e-inge/e-ib2002/e-ib02-1/em-ib021f.htm>. **Robot para Cirugía Laparoscópica.** enero 2004
17. <http://www.scielo.org.pe/pdf/rgp/v23n1/a08v23n1.pdf> **Sistemas quirúrgicos robóticas y telerobóticos para cirugía abdominal**
18. <http://www.geocities.com/ResearchTriangle/Campus/3327/software.html>. **Software.** agosto 2003.
19. <http://lorca.umh.es/isa/es/doct/rst/Telecirugia.pdf> **Telecirugía y simulación quirúrgica.** mayo 2004.
20. http://canales.laverdad.es/cienciaysalud/9_5_18.html Fecha de búsqueda 11-09-2003. **Telecirugía: Un Inicio Transatlántico.** septiembre 2003.
21. <http://www.el-mundo.es/2001/09/20/sociedad/1049557.html>. **Tres Cirujanos logran la primera operación transoceánica.** agosto 2003.
22. <http://www.msmedicalsystems.com.br/cirurgiaplastica.htm>. **Vídeo Cirugía Plástica.** mayo 2004.
23. <http://www.seis.es/inforsalud99/m01/003/>. **Responsable de Producción Osakidetza -Servicio Vasco de Salud.** mayo 2004
24. <http://isa.aut.uah.es/Robotica/tema1.pdf>. **Fundamentos robóticos.** mayo 2004
25. <http://exa.unne.edu.ar/depar/areas/informatica/SistemasOperativos/MonogSO/REDES02.htm>. **Monografía de redes e interconexión de redes.** mayo 2004
26. http://www.metanoia.com.mx/tch/n27_oct.html. **El Texas Children's Hospital abre su centro de telemedicina en área rural de Guatemala.** diciembre 2003
27. <http://www.eecs.umich.edu/~pavr/harbury/archive/2000/20000331.html>. **Noticias** diciembre 2003.
28. <http://www.sgsica.org/madrid/pdf-sp/III/11/11a.pdf>. **Red Centroamericana de información.** diciembre 2003.

29. <http://gt.maestrosdelweb.org/nuke/modules.php?op=modload&name=News&file=article&sid=8>. **Como llego Internet a Guatemala.** enero 2004
30. <http://www.deguate.com/foros/messages/816/1070.html?1057105080>. **Robótica en Guatemala.** enero 2004.
31. http://64.233.161.104/search?q=cache:DOYfdA3rEnIJ:www.seeic.org/congreso/huelva/ponencia/comunica/quirop.doc+dise%C3%B1o+de+un+quiropano&hl=es&lr=lang_es. **Diseño de un quirófano.** marzo 2004.
32. <http://www.diariomedico.com/gestion/ges250501com.html>. **Quirófano inteligente.** mayo 2004
33. <http://www.santateresita2000.com.ar/infotonina.htm>. **Fibra óptica submarina.** mayo 2004.
34. <http://www.directoriodelestado.com.ar/contenido.php?pais=Guatemala¬a=30>. **Guatemala Comunicades unidas en internet.** mayo 2004.
35. Revista Guatemalateca de Cirugía Volumen 10 Número 2 Año 2001 Mes Mayo-Agosto paginas 25 y 26.