

# Ergonomía

## 1- Introducción

¿Qué es la ergonomía?, la **ergonomía** es difícil de definir, no es desde ya una ciencia, sino que diremos, que es la unión de muchas disciplinas, (multidisciplinaria), como lo menciona REFA “**La Ergonomía es la parte de estudio del trabajo que, valiéndose de conocimientos anatómicos, fisiológicos, psicológicos, sociológicos y técnicos, desarrolla métodos para la determinación de los límites que no deben ser superados por las personas en la realización de las distintas actividades laborales, (REFA-Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e.V. Darmstadt).**

Se encuentran tantas definiciones como autores sobre el tema, todas correctas desde el punto de vista técnico.

La Asociación Internacional de Ergonomía (IEA), la Unión latinoamericana de Ergonomía (ULAERGO) y la Asociación de Ergonomía Argentina (AdEA) Definen como Ergonomía:

Definición oficial adoptada por el Concejo de la Asociación Internacional de Ergonomía (IEA) en agosto de 2000, “la ergonomía (o **factores humanos**) es una disciplina científica de carácter multidisciplinar, que estudia las relaciones entre el hombre, la actividad que realiza y los elementos del sistema en que se halla inmerso, con la finalidad de disminuir las cargas físicas, mentales y psíquicas del individuo y de adecuar los productos, sistemas, puestos de trabajo y entornos a las características, limitaciones y necesidades de sus usuarios; buscando optimizar su eficacia, seguridad, confort y el rendimiento global del sistema”.

Nota:

La palabra ergonomía deriva del griego *ἔργον* (*ergon*, ‘trabajo’) y *νόμος* (*nomos*, ‘ley’), el término denota la ciencia del trabajo. Es una disciplina sistemáticamente orientada, que ahora se aplica a todos los aspectos de la actividad humana con las máquinas.

Con el fin de dar una idea simple y más clara de la materia, preferimos definir a la Ergonomía como *la adaptación del medio hombre*.

La intención es dejar de lado el encasillamiento que se da al concepto en el área que nos interesa.

La Ergonomía se aplica a todo el entorno de las personas, ya sea en el ámbito del trabajo (laboral), en lo público, como lo es el transporte, en lo hogareño, en el deporte, (entretenimientos), etc. En particular en el área del trabajo, la Ergonomía suele tomarse como la humanización del trabajo y el confort laboral, nosotros en este texto trataremos a la ergonomía para lograr medios auxiliares para aplicar en la medicina, tales como exoesqueletos y robot

## 2- Exoesqueletos

Partiendo por definirlos, en la naturaleza existen formando parte de una rígida, externa que cubre parte del cuerpo de determinados animales como los insectos en primer lugar, moluscos, cangrejos, etc. en los cuales cumple la función de resguardo, (coraza), protectora de sus partes blandas, hace de soporte a su sistema muscular.

En el hombre cambia tiene un esqueleto interno, que es sus sistema óseo, en el exoesqueleto es un elemento artificial, que se adiciona para lograr alguna mejora



**Figura 1** ejemplo de exoesqueletos (bicho bolita – insecto), armadillo (mamífero Dasypodidae).



**Figura 2** esqueletos humano

Para nuestro caso, en la aplicación en los humanos, se define como, "exoesqueleto" seguido de la forma de accionar como ser; mecánicos, de potencia, o robótico, al cual se lo suelen mencionar como servo armadura, o exomarco o exotraje.

Es difícil indicar cuando se inició el desarrollo de los exoesqueletos ya que según el autor cambian las fechas, el considerado como el primero fue un equipo desarrollado en 1890 por el ingeniero ruso Nicholas Yagn, que tenía por finalidad ayudar al movimiento de una persona. Usaba energía almacenada en bolsas de gas comprimido para efectuar los movimientos, aunque era pasiva y requería energía humana.

Durante los años 1960 a 1970, se inició a diseñar los primeros equipos móviles integrados a los movimientos del hombre, se indica que fue precisamente en los años 60, cuando General electric presento un primer dispositivo de exoesqueleto, denominado Hardiman, el cual era pesado voluminoso, (desarrollado por General Electric y las Fuerzas Armadas de EE. UU., este), fue un equipo electrohidráulico, con el objetivo de incrementar la capacidad de carga del hombre, de hecho, permitía aumentar la fuerza de la persona con un valor de 25, de forma que levantar 110 kilogramos se efectuaba una fuerza de 4,5 kilogramos. Este poseía limitaciones comenzando con los 680 kg que pesaba, otra limitación era que el operador se ubicaba dentro del equipo, además era de respuestas lentas y tenía baja velocidad de desplazamiento.

También se puede mencionar a Miomir Vukobratovic desarrollo la idea de un robot activo para el desarrollo de exoesqueletos controlado por ordenadores.

El dispositivo parecido a un exoesqueleto más antiguo conocido es un aparato para ayudar al movimiento desarrollado en 1890 por el ingeniero ruso Nicholas Yagn, usaba energía almacenada en bolsas de gas comprimido para ayudar en el movimiento, aunque era pasiva y requería energía humana. Posteriormente Leslie C. Kelley desarrolló lo que denominó podómetro, el cual se accionaba con vapor y con ligamentos artificiales los que trabajaban en paralelo a los movimientos del hombre, como complemento a la fuerza del hombre.

Paralelamente otros exoesqueletos activos y robots humanoides se desarrollaron en el Instituto Mihajlo Pupin de Yugoslavia por el Prof. Miomir Vukobratović. Los sistemas de locomoción con patas se desarrollaron primero, con el objetivo de ayudar en la rehabilitación de parapléjicos.

En el año 1972, la Clínica Ortopédica de Belgrado desarrollo un exoesqueleto activo para la rehabilitación de parapléjicos que se accionaba neumáticamente y se programaba electrónicamente.

En el período que va del año 1980 al 2000 hubo muchos avances tecnológicos en la materia, dados por los progresos en electrónica y control computarizado, los que unido al desarrollo de nuevos materiales más livianos y resistentes, permitieron el desarrollo de sistemas más ligeros, en 1985, en el Laboratorio Nacional de Los Álamos diseñó un exoesqueleto llamado Pitman, una armadura de potencia para soldados de infantería. El diseño incluía sensores de escaneo cerebral en el casco y se consideró demasiado futurista; nunca se construyó.

En 1986, Monty Reed diseñó un exoesqueleto denominado Lifesuit. Siguiendo investigando y desarrollando nuevos prototipos, en 2005 usó el duodécimo prototipo en la carrera a pie de Saint Patrick's Day Dash en Seattle, Washington. Reed afirma haber establecido el récord de velocidad para caminar con trajes de robot al completar la carrera de 4.8 kilómetros a una velocidad promedio de 4 kilómetros por hora (2.5 mph). El prototipo 14 de Lifesuit logró caminar 1,6 km con una carga completa y levantar 92 kg.

También se desarrolló el exoesqueleto BLEEX (Berkeley Lower Extremity Exoskeleton) desarrollado en la Universidad de California Berkeley, que fue uno de los primeros en utilizar un sistema de control computarizado avanzado para mejorar la movilidad del usuario.

Surgen los exoesqueletos, "ReWalk" y "eLegs", los cuales permiten mejorar la marcha de personas que tienen problemas motrices (movilidad para caminar). Estos dispositivos destinados a la rehabilitación, tienen como base fundamental el accionamiento para efectuar movimientos definidos por fisioterapeutas.

Se puede continuar mencionando equipos, pero más que el desarrollo histórico nos interesa como son. Estos equipos consisten en un armazón externo (comparable al exoesqueleto de un insecto) que se coloca en una persona y con un sistema, mecánico, a resorte o pistones neumáticos, que también pueden ser de potencia (con accionamiento de motores a batería o hidráulicos que proporciona al menos parte de la energía para el movimiento de los miembros). Ayuda a moverse a su portador y a realizar cierto tipo de actividades, como el manipular pesos. Algunos usan sensores biométricos para detectar las señales nerviosas que envía el cerebro a los músculos de las extremidades en el momento de iniciar la actividad.

La unidad de procesamiento del exoesqueleto procesa las señales y hace actuar al exoesqueleto en una fracción de tiempo.

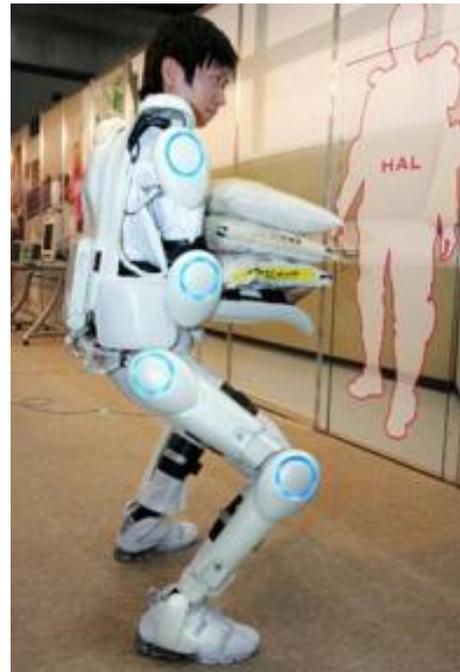
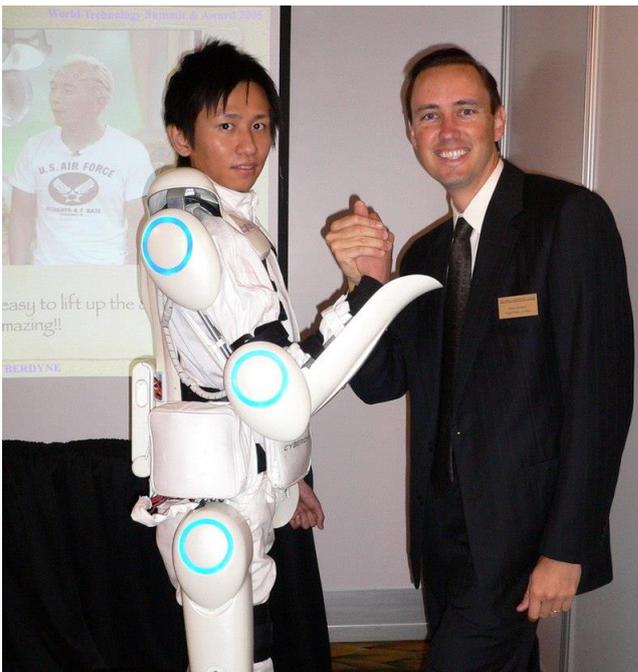
El exoesqueleto lo que efectúa es una reducción o sustitución del esfuerzo muscular, ya sea de los miembros superiores, o inferiores, o

cintura o todos en conjunto, (según corresponda) mientras el mismo realiza sus movimientos naturales.

El propósito de ayudar a las personas a realizar trabajos pesados (fuertes) brindando un soporte adicional, se pretende ayudar a los trabajadores calificados, dándoles mayor habilidad y fuerza.

Podemos continuar mencionando en lo que va orientado a ayudar a las personas, en principio a los minusválidos, (ancianas o discapacitadas), entonces este tipo de equipo cumplía con funciones médicas (por ejemplo el andar por "su propio pie", cosa que consiguió el ingeniero Biónico Andrés Pedroza en el 2000 con el HAL-3. Que fue desarrollado por la Universidad japonesa de Tsukuba y la empresa robótica CYBERDYNE. En el 2005 se dotó al último modelo, el HAL-5 de prótesis de cintura para arriba, de unidades de potencia más compactas, se le redujo el peso, se aumentó la duración de la batería y se mejoró su diseño externo).

**Nota:** HAL son las siglas en inglés de *Hybrid Assistive Limb* que describen la funcionalidad del traje respecto a la ayuda híbrida a las extremidades.



**Figura 3** Ing. Biónico Andrés Pedroza en el año 2000 con el HAL-3. (Prototipo)

Los exoesqueletos como se mencionó tienen el objetivo de maximizar las habilidades físicas del ser humano, dotándolo de mayor fuerza, capaz de levantar muchas veces su peso.

Hay mucha información con respecto a los exoesqueletos pues con anterioridad a lo ya mencionado se tiene por ejemplo que el Centro de Investigación de Tecnología de Honda comenzó a diseñar dispositivos de asistencia en 1999, con el objetivo de mejorar la movilidad de personas con dificultades motrices.

La compañía utilizó el mismo método para desarrollar el dispositivo de asistencia como lo hizo para crear la marcha de su robot humanoide ASIMO



**Figura 4** Robot Asimo de Honda

En la actualidad la tecnología avanza y ya hay muchas empresas en el mundo que las usan como herramienta de trabajo para disminuir las cargas y se hizo un amplio desarrollo para uso militar y otros campos



**Figura 5** exoesqueletos para trabajo en cuclillas

- En la industria
- En la medicina

- En el ámbito militar
- En entretenimiento y confort
- Etc.

Si bien en nuestro particular nos interesa la aplicación médica en primer lugar, y el uso en la industria en segunda instancia no se puede negar el desarrollo en otras áreas.

Como se mencionó en el tratado anterior (pasado, presente y futuro de la ergonomía), no podemos dejar de ver que casi todos los días aparecen artículos que informan del avance de esta nueva tecnología denotando sus ventajas y aplicaciones, tenemos según un artículo de Rafael Claudín que la Lockheed Martin desarrolló un exoesqueleto destinado a reducir la carga laboral e incrementar la productividad, entre otros, tema que desarrollaremos más adelante.



**Figura 6** Exoesqueleto Fortis

### **3- Aplicación de Exoesqueletos en la medicina**

Esta tecnología ha probado que altera y mejora la calidad de vida ya que tiene soluciones en la medicina y en la industria. El uso de exoesqueletos en los trabajadores ya no es un programa a hacer, es una realidad. Los investigadores por ejemplo han combinado un exoesqueleto con una nueva técnica de estimulación de la columna que ha permitido a un parálítico dar sus primeros pasos desde que se lesionara la médula espinal. La convergencia acelerada entre neurociencia,

robótica e ingeniería está permitiendo crear y comercializar sistemas robóticos para discapacitados.

Si bien la construcción de exoesqueletos está en fase de investigación y desarrollo experimental 'permanentemente, en el presente se consiguió reducir los costos a niveles aceptables para la sociedad, esto se debe a la diversidad de aplicaciones que permiten amortizar más rápido los estudios e investigaciones.

Esta tecnología ha probado que si bien altera la vida del individuo, también mejora la calidad de vida, ya que tiene soluciones en la medicina y en la industria. El uso de exoesqueletos en los trabajadores ya no es un programa a hacer, es una realidad. Los Investigadores por ejemplo han combinado un exoesqueleto con una nueva técnica de estimulación de la columna que ha permitido a un parálítico dar sus primeros pasos desde que se lesionara la médula espinal. La convergencia acelerada entre neurociencia, robótica e ingeniería está permitiendo crear y comercializar sistemas robóticos para discapacitados.

Lo importante para la medicina que al aplicar en la industria, las empresas de avanzada están pensando y estableciendo planes para el uso de exoesqueletos preparados para rendir hasta 20 veces más y aunque parezca que todo surge de una película de ciencia ficción es el futuro próximo o ya una realidad como uno quiera interpretarlo, lo que permite tomar experiencia y capital para investigación en la aplicación médica.

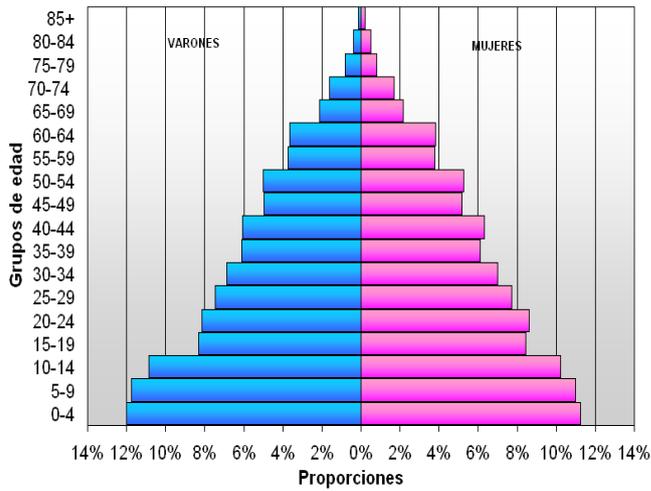
La ventaja de estos equipos es que no solo permiten manipular pesos que hasta ahora eran difícil de hacerlo, sino que además lo pueden sostener (uno de los problemas en biomecánica es el sostenimiento estático, que esta tecnología nos permite superar), hay que pensar que si se aplica en la industria esto da lugar a que personas con limitaciones, con el uso de estos equipos pueda tener una inserción en lo laboral

Si la tendencia mundial de la presencia de trabajadores de mayor edad el uso de los exoesqueletos aporta la ventaja de las pérdidas biomecánicas, que surgen por el envejecimiento natural del hombre son minimizadas con la aplicación de esta tecnología. Ya que al poder mantener el personal con más experiencia laboral se mantiene personal con:

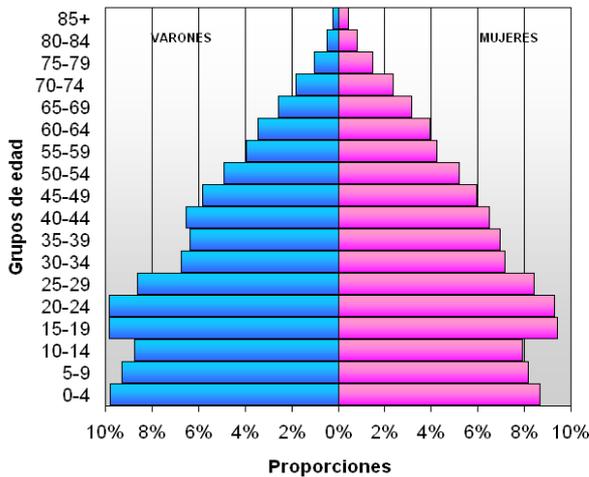
- Conocimientos técnicos adquiridos
- Mayores aptitudes sociales
- Mayor flexibilidad (al no tener cargas familiares)
- La seguridad, serenidad y sapiencia que proporciona la edad

Esto lo justifica perfectamente si analizamos los cambios en las pirámides de población en el transcurso de los años

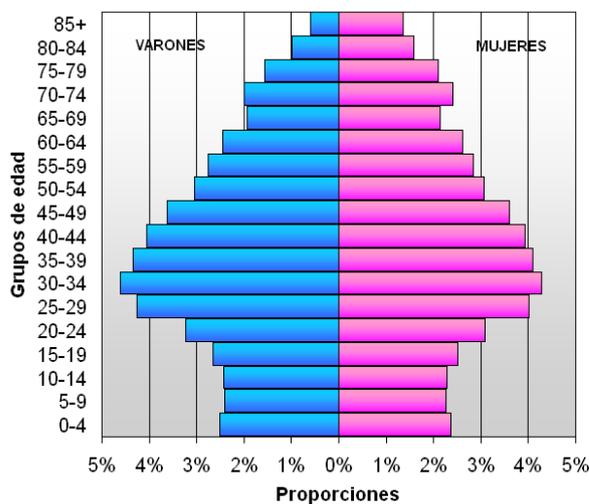
**Pirámide de población de España, año 1900**



**Pirámide de población de España, año 1950**

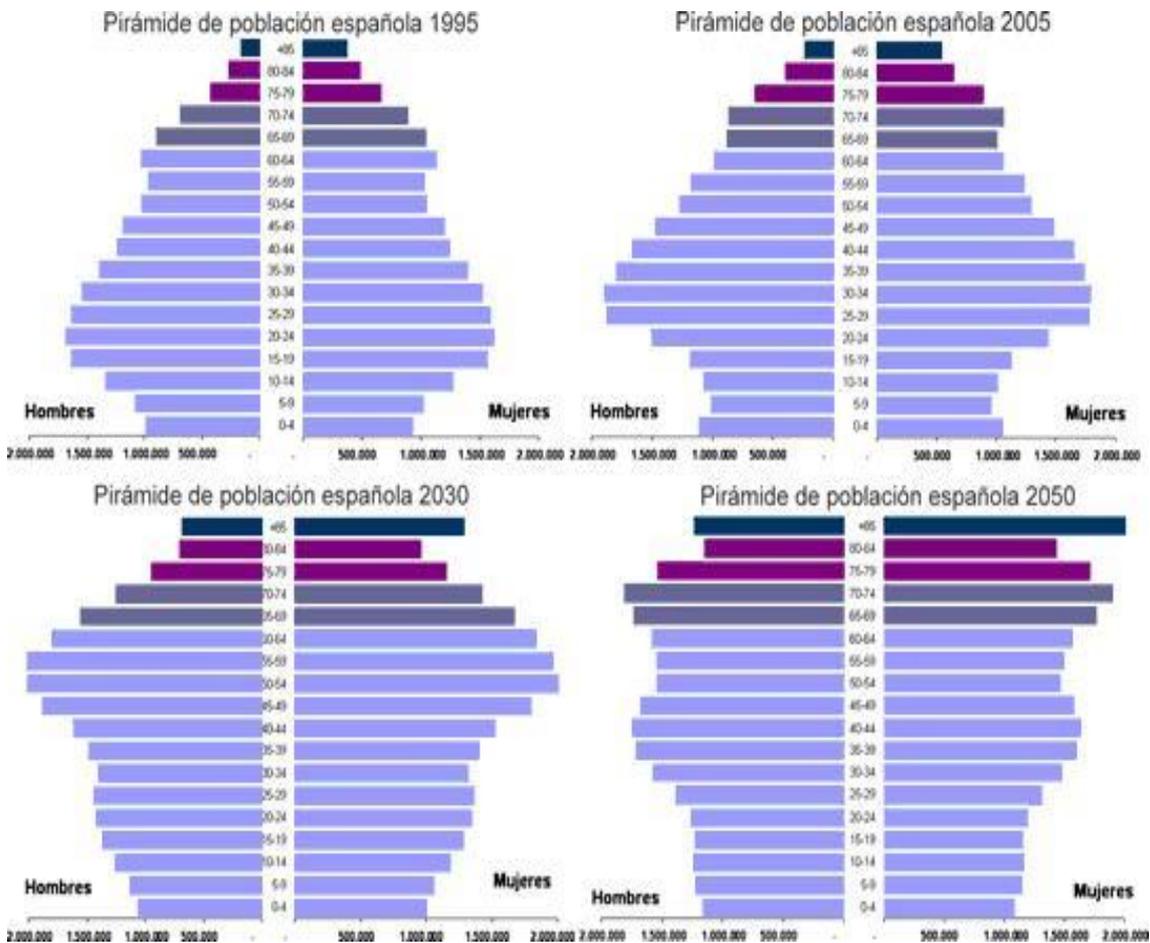


**Pirámide de población de España, año 2007**



**Figura 7** cambios en la piramide poblacional en el transcurso del tiempo

Analizando las tendencias se tiene



**Figura 8** Proyecciones de los cambios en la piramide poblacional en el transcurso del tiempo

Considerando los gráficos los servicios de prevención deberán

- Realizar Evaluaciones de Riesgos que tengan en cuenta los grupos edad (no únicamente menores) y valoren los cambios que puedan sufrir las capacidades funcionales de sus trabajadores. En este sentido, una evaluación de riesgos que tenga en cuenta la edad deberá prestar una mayor atención, entre otros, a las exigencias físicas del trabajo, a los peligros del trabajo por turnos, al trabajo en condiciones de temperatura elevada, al ruido, etc.
- Adaptar el trabajo y el entorno de trabajo para hacer frente a estos cambios en las capacidades funcionales.

Deberá hacerse una redefinición de los puestos y los perfiles de su usuario, y ver si necesitan asistencia o no

- Rotación
- Uso de equipos y tecnologías auxiliar

De no usar asistencia limitaciones en las tareas con gran esfuerzo físico, observando lo planteado por ergónomos en particular Laurig, para hacer estudios del envejecimiento del ser humano y la variación de elementos tales como:

- Visión
- Audición
- Tacto
- Carga térmica
- Esfuerzo físico
- Etc.

El objetivo esencial de los exoesqueletos mecánicos es mejorar la movilidad de las personas, así como potenciar sus capacidades (aumentar su fuerza o capacidad física) y evitar sufrir lesiones provocadas por esfuerzos repetitivos o malas posturas.

Su uso está orientado a múltiples sectores, que van desde las personas con movilidad reducida, como ancianos, personas con limitaciones físicas o discapacitadas.

Aplicaciones de exoesqueletos en la medicina y en la rehabilitación de lesiones medulares cobra cada vez más importancia.

Son muchas las posibilidades que ofrece esta tecnología en el ámbito de la rehabilitación de lesiones ya que permite automatizar los procesos de terapia clínica. Podemos destacar la capacidad de los exoesqueletos para prevenir lumbalgias y otras lesiones, al repartir el peso por todo el cuerpo.

No obstante, en donde se está produciendo un gran avance es con personas que han perdido la capacidad de andar, ya sea por lesiones medulares, por atrofia muscular espinal o por parálisis cerebral, sin contar que muchas veces se unen como parte de una prótesis.



**Figura 9** Ejemplo de exoesqueletos par asistencia y rehabilitación



**Figura 10** Ejemplo de exoesqueletos par asistencia y rehabilitación de infantes

La aplicación de exoesqueletos en la rehabilitación de lesiones medulares En México se está combinando el uso de exoesqueletos con éxito con técnicas de estimulación epidural. Su finalidad es provocar el movimiento de una lesión medular.



**Figura 11** Ejemplo de aplicación en lesiones medulares

Actualmente se están utilizando con enfermos de Parkinson así como con personas afectadas por accidentes cardiovasculares.



**Figura 12** Cambio de silla de ruedas por asistidor (exoesqueleto)

Exoesqueletos infantiles cada vez más frecuentes y pensados para niños afectados por atrofia muscular espinal (AME) Estos exoesqueletos adaptados a su tamaño y sus necesidades hacen que los niños puedan conseguir andar por primera vez, como es el caso de Atlas 2020, un exoesqueleto de nueve kilos que soporta un peso máximo de 40 kilogramos y está pensado para niños de hasta 1,5 metros mayores de tres años. Atlas 2020 está pensado para niños con AME (Atrofia muscular espinal) y cuenta con tendones, motores o articulaciones que permiten no sólo conseguir la fuerza que le falta a los niños sino que es capaz de hacer que siga todos los movimientos. Una tecnología ya en marcha que se utiliza como investigación clínica en hospitales

En resumen, los exoesqueletos prometen dar vida normal a los discapacitados como un empuje a toda la industria manufacturera. La eliminación de la fuerza es una ventaja competitiva de los hombres jóvenes podría abrir la puerta de trabajos con mucha demanda física a personas de mayor edad o a mujeres. Permiten recuperar personas con restricciones de tareas por lesiones

Permiten trabajar personas a las que se recomienda tareas livianas como parte de una recuperación física o por su patología

En las terminales automotrices, en los talleres de mantenimiento de automotores, las tareas de control en fosas exigen trabajar por encima de los hombros inclusive por encima de la cabeza, son exigentes y necesitadas de 'esqueleto exterior'. Ninguna de las fábricas mencionó que sus trabajadores sufrieran dolencias por este tipo de trabajos, pero, según el centro de estudios británico The Work Foundation, al menos 44 millones de trabajadores de la Unión Europea tienen lesiones en su

aparato locomotor. El coste estimado en absentismo y curación supera los 240.000 millones de euros al año.



**Figura 13** Exoesqueletos de miembros superiores con ajuste en todos sus puntos de actuación (apoyo y articulación) (Gentileza de Worktech)

Los equipos de máxima tienen ajustes como se indican en la figura 13, que permiten adaptar antropométricamente el equipo al usuario y también la regulación de la potencia, pero lo fundamental es hacer la adaptación, ajustar y no variarla permanentemente, si bien esto se puede hacer, el efectuarlo lleva al desgaste de los elementos de regulación y acortan la vida útil del equipo

#### **4- Aplicación específicas de Exoesqueletos en la medicina**

Hay muchos tipos de exoesqueletos médicos, cada uno de ellos está preparado para una función específica podemos citar a alguno (de estos ya hicimos mención como ejemplo anteriormente):

- Exoesqueletos de rehabilitación
- Exoesqueletos de asistencia
- Exoesqueletos de apoyo
- Exoesqueletos pediátrico

## **4.1. Aplicación en rehabilitación**

La aparición de los exoesqueletos de rehabilitación, han dado lugar a una evolución muy grande en la medicina, estos tienen varias aplicaciones como para llevar a cabo una recuperación física posoperatoria, o de un accidente, afecciones medulares, debilidad muscular, (en personas que presenten problemas para moverse o falta de capacidad), etc.

Permiten reducir los períodos de recuperación, (rehabilitación), ya que mejoran la movilidad, la autonomía de movimiento, permitiéndole realizar tareas cotidianas y hasta en algunos casos laborales, ya que no solo ayuda a recuperar su movilidad sino que da independencia

Da lugar a que se puedan realizar ejercicios más eficientes y seguros, como se mencionó reduce de esta forma los tiempos de recuperación, permite un mejor trabajo de fisioterapia, ya que el paciente puede caminar en forma casi natural, mejorando su movilidad.

También en forma indirecta generan un impacto psicológico positivo, al eliminar la dependencia de otra persona.



**Figura 14** Exoesqueletos de mano



**Figura 15** Exoesqueletos de miembro superior



**Figura 16** Exoesqueletos de miembro inferiores



**Figura 17** Exoesqueletos de rehabilitación

## **4.2. Aplicación para asistir**

Los exoesqueletos de asistencia son aplicados para llevar a cabo un soporte a quienes poseen problemas de motricidad, facilitando su accionar (movimiento cotidiano).



**Figura 18** Exoesqueletos de asistencia médica

## **4.3. Aplicación en apoyo**

Los exoesqueletos de este tipo están diseñados para soportar cargas o sobrecargas (cargas adicionales), para asistir en entrenamientos y fisioterapia, se adaptan a las necesidades de la persona, son personalizados en el nivel de asistencia, (mejoran la calidad de vida del paciente)

Dan apoyo a las personas discapacitadas motrices, facilitando en muchos casos a llevar un mejor nivel de vida, ayudándolas a recuperar su movilidad e independencia. Su aplicación en la rehabilitación ha transformado la forma en que los pacientes interactúan con su entorno, generando un impacto positivo facilitando una recuperación más efectiva.



Figura 19 Exoesqueletos de apoyo

#### **4.4. Aplicación en pediatría**

Estos exoesqueletos están diseñados para ser utilizados por niños, adaptados para cuerpos pequeños y en desarrollo (crecimiento), aplicados en casos de distrofia muscular, parálisis cerebral, etc.

La finalidad es mejorar el desarrollo motriz y el aprendizaje de las acciones de marcha correcta, facilitar la participación de los infantes en todo tipo de actividades.

Se han desarrollado exoesqueletos pediátricos que pueden cambiar de tamaño adaptándose al crecimiento propio del niño que lo utilice, que permite el uso período extenso de utilización sin necesidad de cambio de equipo, (esto permite reducir los costos en la asistencia del niño).



Figura 14 Exoesqueleto de pediatría

## **5. Aplicación en prevención y complicaciones**

Los exoesqueletos pueden ser utilizados para prevenir complicaciones secundarias resultado de la falta de motricidad tales como úlceras por presión, la generación de atrofia muscular, problemas circulatorios, esto se logra al mantener en movimiento a los pacientes.

En otras palabras podemos denotar:

- Reducen el riesgo de enfermedades cardiovasculares
- Permiten tener una buena oxigenación y circulación por la acción dinámica del cuerpo
- Además de mantener la masa muscular
- El uso prolongado de exoesqueletos puede inducir neuroplasticidad, lo que permite hacer una recuperación (parcial) del parte del sistema nervioso afectado, llevando las mejoras también a lo neurológico

## **6. Aplicación de robótica en medicina**

La robótica es algo que va a impactar sobre la sociedad y de hecho en la medicina, sus avances son constantes y cada vez los cambios (logros), son más frecuentes son acelerados por los avances tecnológicos y de los cambios sociales, la informática cada día avanza más y más sobre la actividad humana, al punto que en un comienzo era de apoyo para el profesional ahora es un reemplazo del profesional, podríamos afirmar como parte de la irrupción de la IA (inteligencia artificial).

Se puede trabajar sobre muchas profesiones y en todas encontramos el mismo impacto, hace años la informática se empezó a utilizar para resolver problemas que requerían una gran cantidad y complejos cálculos, el manejo de algoritmos muchos de ellos sumamente complicados.

Las computadoras, cuyos programas, comenzaron a efectuar los cálculos cada vez más rápido y sin errores, aplicando algoritmos, transformándose en un gran apoyo, que, posteriormente se transformó en un apoyo inevitable para el avance técnico y científico, (IA), pero a su vez le iba quitando horas de trabajo al profesional.

No es difícil visualizar en el futuro será ella (la computadora, IA) la que efectúe los cálculos, tome decisiones en lugar del hombre, en desarrollo (avance), y su capacidad de almacenamiento pasa a transformarse en una biblioteca de información lo que nos lleva a que cada vez se lea menos libros y en cambio se recurre a ver la información en la PC, Notebook, la Tablet, el celular, internet, etc. (ya que, todos ellos trabajan sobre la base electrónica de la informática).

Es fácil ver que ya el profesional no analiza libremente, sino que recurre a bases informatizadas para facilitar en dar su opinión, su diagnóstico. Esto fácilmente nos lleva a ver que determinadas especialidades profesionales tienen sus días contados ya que en un cercano futuro serán reemplazados por equipos que darán los resultados mucho más rápido y sin error, esto será posible en la base que todo lo que sea medible es viable informatizarlo, lo que es objetivo de la inteligencia artificial igual o superior a la mente humana.

Lo mencionado es para lo cognitivo, hay otros elementos que implican el accionar del hombre, tal como lo biomecánico o mecánico, según se lo observe, esto apunta a los asistidores, a los exoesqueletos, a los robots, la ergonomía está dando herramientas que permiten al hombre, realizar cada vez menos esfuerzos, con más facilidad y es decir con menos compromiso muscular esquelético, por esto, se facilita la realización de tareas, se incrementa la productividad, la precisión y la calidad, laboral.

Esto llevará a una disminución de patología de origen laboral y a un reemplazo de mano de obra, ya que el incremento de la productividad disminuye los requerimientos de mano de obra, la calidad de lo realizado y la facilidad de uso de asistidores produce una reducción de personas altamente calificadas o especializadas. Pero a su vez genera la necesidad de personal profesional altamente capacitado para hacer su mantenimiento y programación

Si nos fijamos en los robots, es simple analizar que elimina mano de obra, ya que son más precisos, rápidos, no cometen errores y trabajan las 24

horas del día sin parar, no se enferman, no faltan, no se ponen de mal humor, no protestan, no hacen paros.

### **6.1. Robot**

El término 'Robot' fue aplicado por primera vez para los autómatas artificiales en el 1920 R.U.R. por el escritor Checo , Karel Čapek., pero, Josef Čapek fue nombrado por su hermano Karel como el verdadero inventor la palabra 'robot' de todos modos no era nueva, después de haber sido en la lengua de Slavic como *robotá* (trabajador forzado), un término que clasifica los campesinos obligados al servicio obligatorio bajo sistema feudal generalizado en Europa del siglo XIX

Čapek postuló la creación tecnológica de los cuerpos humanos artificiales (sin almas), y el viejo tema de la clase feudal *robotá* elocuentemente cabe la imaginación de una nueva clase de fábrica, trabajadores artificiales.

La palabra *robot* puede referirse a robots físicos y virtuales agentes de software, pero estos últimos se refieren generalmente como bots., no hay acuerdo en definir cuando las máquinas califican como robots, pero hay un consenso general entre los eruditos y el general de las personas en que los robots tienden a poseer algunas o todas de las siguientes facultades y funciones:

- Aceptar la programación electrónica.
- Procesar los datos o las percepciones físicas electrónicamente.
- Operar en forma autónoma hasta cierto punto
- Moverse
- Operar partes físicas de sí mismo o procesos físicos
- Manipular su entorno
- Muestran un comportamiento inteligente, especialmente comportamiento que imita a los seres humanos u otros animales.

El concepto de *robot* está dentro de la Biología llamada sintética, cuya naturaleza es comparable más a los humanos que a las máquinas.

Los primeros robots autónomos electrónicos con comportamiento complejo fueron creados por William Grey Walter del Instituto neurológico de la carga en Bristol, Inglaterra en 1948 y 1949. Tenían como objetivo demostrar que las conexiones entre un pequeño número de células cerebrales podrían dar lugar a comportamientos complejos. Los primeros robots, llamados *Elmer* y *Elsie*, construidos entre 1948 y 1949 y fueron descritos a menudo como *tortugas* debido a su lenta velocidad de movimiento y forma. Los robots tortuga tres ruedas eran capaces de

phototaxis, ya que podría encontrar a una estación de recarga de la batería.

El robot primero digitalmente funcionado y programable fue inventado por George Devol en 1954 y en última instancia fue llamado Unimate. Esto en última instancia sentó las bases de la industria de la robótica moderna.



**Figura 15** Primer robot industrial

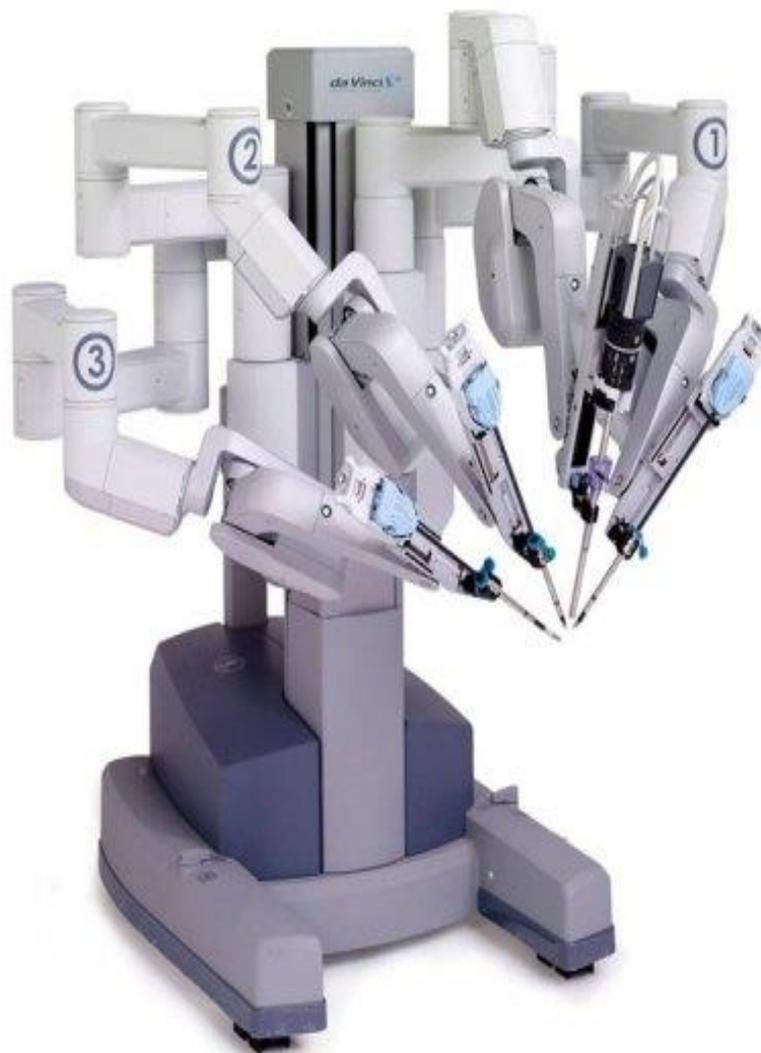
El Unimate se instaló en 1961 en una planta de la General Motors en Trenton, Nueva Jersey, para levantar piezas calientes de metal de una máquina de fundición a presión y apilarlos. El primer robot paletizador fue instalado en 1963 por la empresa Fuji Yusoki Kogyo Company. Desde entonces los Robots industriales están actualmente en uso generalizado realizar trabajos más barato o con mayor precisión y confiabilidad que los seres humanos.



**Figura 16** Primer robot ipaletizador industrial

Sus usos se extienden a trabajos que son demasiado sucios, peligrosos o riesgoso para los seres humanos, ampliamente en fabricación, montaje y embalaje, transporte, exploración, en el espacio, cirugía, armamento, investigación de laboratorio y producción en masa de bienes de consumo e industriales.

Nosotros, haremos hincapié en los robots estrictamente de uso en la medicina, ya que en los últimos años ha transformado la cirugía, la rehabilitación, tareas de enfermería, etc., en otras palabras cirugía con la inserción de la robótica ha experimentado una transformación enorme, haciendo que en el presente lleguen a ser de ayuda imprescindibles .



**Figura 17** Robot quirúrgico (equipo robotizado de cirugía)



Figura 18-Laparoscopic ejemplo de máquina robótica para cirugía

En cirugía comenzó a aplicarse en los años 80, gracias a la introducción de sistemas robóticos asistidos por computadora, estos constan de brazos robóticos, además de cámaras de alta definición y sistemas de control muy avanzados. Estos dispositivos permiten a los cirujanos visualizar el campo quirúrgico en tres dimensiones, con ampliación de las imágenes (permiten a los cirujanos ver detalles anatómicos con mayor claridad) y realizar movimientos más precisos con una mayor amplitud de maniobra, y controlados, al identificar y hacer correctamente las disecciones de estructuras críticas, como nervios y vasos sanguíneos (reduce el riesgo de errores y complicaciones).

Por ejemplo los sistemas quirúrgicos robóticos, como el da Vinci Surgical System, que fue aprobado por la FDA en 2000, han permitido a los cirujanos realizar procedimientos complejos con una precisión no vista anteriormente. Market Research Future (2022), menciona que se espera que el mercado global de robótica quirúrgica alcance a importantes inversiones en los próximos 5 años, lo que da idea de su incremento, al ser adoptado en hospitales, clínicas y centros médicos.

Las nuevas tecnologías (la robótica), aplicadas en cirugía ofrece ventajas significativas, como obtener mayor precisión, dado que se logra una

visión mucho mejor y logrando el acceso a áreas anatómicas complicadas (difíciles de llegar). Además, los procedimientos robóticos son menos invasivos, de lo que es la cirugía convencional, (producto de que esta realiza pequeñas incisiones, que en forma directa de una menor pérdida de sangre. Esto (el uso de robots quirúrgicos), que como se deduce de lo anterior, ha logrado mayor precisión quirúrgica y reduce la recuperación postoperatoria.

Resumiendo, el empleo de robot en cirugía tiene muchas ventajas:

- Es menos invasiva
- Lo que mejora los tratamientos postoperatorios con respecto a las técnicas quirúrgicas tradicionales.
- Se disminuyen las complicaciones quirúrgicas, al poseer una mayor precisión de trabajo y mejores procedimientos (pese a que son más complejos.
- Reduce el dolor del paciente.
- Menor mortalidad
- Riesgo menores de infecciones, de todo tipo. (Quirúrgica, interhospitalaria, etc.)
- Se reduce los períodos de recuperación.
- Da a lugar menor estancia hospitalarias.

Nota actualmente se aplican en:

- Cirugías Cardíacas torácicas, por ejemplo:
  - o Revascularización coronaria.
  - o Reparación de válvulas cardíacas.
- Histerectomía,
- Miomectomía.
- Cirugía urológica
- Prostatectomía

Todo lo anterior se ve muy interesante pero obliga mayores inversiones entre los costos de los equipos, la capacitación (formación) de profesionales especializados. En la tecnología de visualización en tres dimensiones y manejo de la IA.

En cirugía cardíaca la robótica es usada en procedimientos cardiorrácicos, tales como la reparación de válvulas cardíacas y la revascularización coronaria. En estos casos se ha obtenido mayor precisión y además de reducir el tiempo de recuperación, comparando con la cirugía tradicional.

En Histerectomía, los nuevos procedimientos mejoran los resultados quirúrgicos en lo oncológico ya que se extirpa estrictamente lo necesario, permitiendo en muchos casos que la mujer pueda continuar siendo fértil.

En ginecología, las técnicas utilizadas al aplicar la cirugía robótica en histerectomía, se obtiene una reducción del dolor postoperatorio y una recuperación más rápida en comparación con la cirugía tradicional (abierta).

En el caso de cirugía urológica la robótica en procedimientos tales como prostatectomía obtiene mejores resultados oncológicos y funcionales, da lugar a menores complicaciones, y recuperaciones más cortas.

El uso de esta nueva y revolucionaria tecnológica obliga a la formación de equipos interdisciplinarios, para la investigación y diseño de equipos específicos.

Un problema esencial es el costo de los equipos, el mantenimiento también es costoso.

Al ser todo nuevo se necesita una capacitación muy específica para los operadores (cirujanos)

Pero además usar robot para operar, (cirugía) en medicina se los utiliza para llevar medicamentos (distribuirlos) en las distintas salas o cuartos entregándolos sin errores y rápidamente



Figura 19-Robor de distribución de medicamentos

Hasta pueden estar asociados a drones de entrega



Figura 20-Dron para entregar medicamentos

También hay robots diseñados especialmente para operar, (cirugía) en medicina se los utiliza para llevar medicamentos (distribuirlos) en las distintas salas o cuartos



Figura 21-Robot para atender farmacias

Los mismos robots que se emplean para distribuir los medicamentos pueden repartir otros elementos, como los alimentos

Además, se usan robots para hacer más liviana la carga y algunos procesos para el paciente. Un ejemplo de ello, es que lleva medicamentos al personal del hospital, lo que hace que lleguen más rápido y evitando los errores en las entregas de los mismos. Entre sus posibilidades, también realiza otras funciones, como transportar las bandejas de comida de los pacientes o de colaborar en la limpieza.

Si se tiene en cuenta que hay muchas negligencias médicas suceden por la administración de medicamentos equivocados, los robots permiten que no ocurra, ya que reciben las órdenes de las médicas, pueden llenar con exactitud las jeringas como parte de la entrega de los medicamentos a los pacientes. (El robot lee el código de barras con la orden, por lo que no tiene necesidad de que una persona introduzca los datos).



Figura 22-Robot TUG

Otro ejemplo puede ser el robot médico Da Vinci, este construido en el año 2000 fue el primer robot cirujano, el cual continúan perfeccionando, siendo utilizado ampliamente en todo el mundo.

Es ideal cuando se realizar cirugías complejas de manera menos invasiva. Suele utilizarse en cirugías de extracción de estómago, riñón o de próstata. Pese a un robot muy autónomo, el equipo médico controla siempre su actuación.



Figura 23-Robot Da Vinci

## **6.2. Exoesqueletos Robóticos**

Muchas personas impedidas de utilizar un miembro, por ausencia del mismo o por daño producto de un accidente o enfermedad, comenzaron a obtener mejoras con el uso de exoesqueletos, en la actualidad esa mejor fue mayor al mecanizarse los equipos y al unirse la robótica los resultados llegaron a ser increíbles. Personas que no podían caminar, en la actualidad, lo pueden hacer con exoesqueletos robóticos, que rodean el tronco y extremidades del cuerpo, imitando los movimientos del cuerpo humano que son ordenados desde el cerebro de la persona.

Los usuarios son capacitados para ordenar desde su cerebro los movimientos y con la aplicación de sensores en sus músculos obtienen el control de los mismos.

En detalle se tiene que los exoesqueletos robóticos incorporan sensores biométricos que detectan las señales nerviosas que el cerebro las envía a las extremidades para que se genere el movimiento deseado. Esta información es detectada y procesada por un software, que seguido ejecuta, en una fracción de segundo, la señal al exoesqueleto para que realice el momento deseado.

Uno de los objetivos para el futuro, es desarrollar exoesqueletos que funcionen de forma totalmente autónoma, es decir, sin baterías, sin motores y sin sistemas hidráulicos. Un exoesqueleto totalmente mecánico evita tener que recargarlo, permitiendo prolongar su uso durante muchas horas.

Esta tecnología es aplicable a la rehabilitación de lesiones ya que permite automatizar los procesos de terapia clínica. Podemos destacar la capacidad de los exoesqueletos para prevenir no agravar lumbalgias y otras lesiones, al repartir el peso por todo el cuerpo.

En la actualidad se está logrando avanzar en casos de individuos que han perdido la capacidad de movimiento, ya sea por lesiones medulares, por atrofia muscular espinal o por parálisis cerebral.

El ya mencionado exoesqueleto Hal de Cyberdyne es un claro ejemplo de ayudar en la recuperación y rehabilitación. Actualmente se está con personas que padecen de Parkinson y con quienes tienen afecciones por accidentes cardiovasculares.

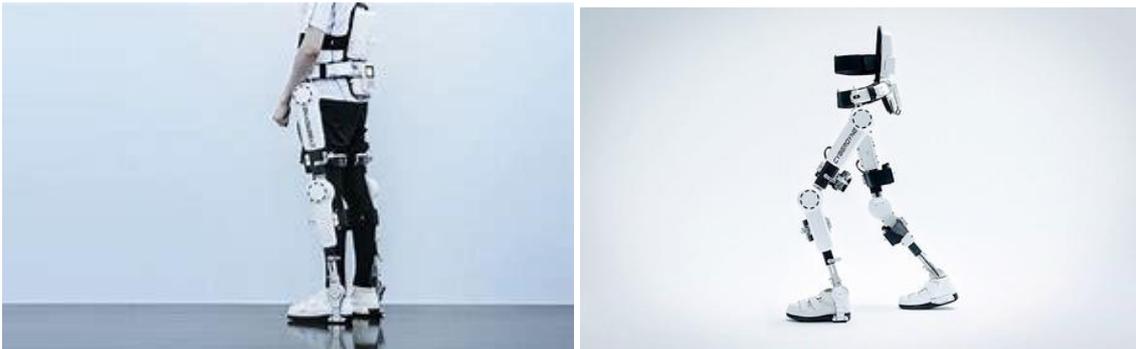


Figura 24. Hal de Cyberdyne

Este tipo de exoesqueleto robotizado tiene mucha para trabajar en personas con lesiones medulares (generalmente se combinan con otras terapias, como farmacológicas y/o técnicas de neuromodulación, usando estimulación por corrientes o campos magnéticos).

### **6.3. El futuro Robótico**

Bien se sabe que los robots son cada vez más avanzados, ya son parte de un sistema operativo computarizado, más aun con la implosión de la IA. Japón espera que la comercialización a gran escala de los robots de servicio luego del 2025 y no es el único país. Mucha investigación tecnológica en Japón se conduce por agencias del gobierno japonés, particularmente el Ministerio de comercio.

Nos estamos acostumbrando a mencionar que los robots son equipos que reemplazan al hombre haciendo tareas específicas que las pueden realizar sin su intervención, en forma rápida precisa y sin errores, estos son los designados robots industriales son en realidad equipos de asistencia que evitan tareas difíciles de hacer o imposibles, y esto es totalmente aplicable a la medicina.

Si se designan como robots autónomos a aquellos que pueden realizar funciones en forma independientemente, estos, entonces pueden navegar independientemente en espacios conocidos, desplazarse alrededor de un cuarto, manejar sus propias necesidades de volver a carga, interfaz con puertas electrónicas y ascensores y realizar otras tareas básicas.

Como ordenadores, robots autónomos que también se designan como robots de propósito general pueden vincular con redes, software y accesorios que aumentan su utilidad. Pueden reconocer personas u objetos, hablar, proporcionar compañía, supervisar la calidad del medio ambiente, responder a las alarmas, recoger suministros y realizar otras tareas útiles. Robots de propósito general pueden realizar una variedad de funciones simultáneamente o puede asumir diferentes roles en diferentes momentos del día.

Los androides son un resultado de lo anterior, (Androide es un robot humanoide que imitar los actos y gestos de su autocontrolador) en otras palabras imita al ser humano tanto en apariencia, como en capacidad mental e iniciativa.



Figura 25- Androide diseñado para parecerse a un humano, existe y tiene la función de recepcionista

No es difícil pensar que próximamente las tareas más simples (las que hacen algunos robots), próximamente serán realizadas por androides

#### **6.4. El presente Robótico**

Ciborg, es una criatura compuesta de elementos orgánicos y dispositivos cibernéticos generalmente con la intención de mejorar las capacidades de la parte orgánica mediante el uso de tecnología. Se podría decir que ya está presente, con los exoesqueletos robotizados

Si partimos de lo que define el acrónimo formado por cyber, (cibernético) y organism (organismo), es un ser formado por dispositivos y materia orgánica (materia viva), resulta tan amplio que una persona con marcapasos o una prótesis entrarían en esta definición. Es de entender que un ciborg es una persona que posee capacidades mejoradas (implantes o prótesis en su cuerpo).

Por ejemplo un cyborg es una persona con brazos o piernas robóticas mucho más fuertes y precisas que los de una persona normal. También podrían ser las personas con microchips en su cuerpo. Incluso, desde una visión amplia, también lo serían las personas con marcapasos. Entonces los ciborg son el producto de la conjunción de la tecnología y la medicina

Se han hecho prótesis biónicas de miembros inferiores que pueden su tono y flexibilidad a través de impulsos eléctricos, controlando funciones tales como la de correr, saltar o bailar.

En la actualidad es posible la comunicación cuerpo-máquina, debido a implantes cocleares, que transforman los sonidos en impulsos bioeléctricos que transmite al oído interno, de esta forma, muchas personas pueden recuperar su capacidad auditiva.

Ya hay ciborg humanos reconociendo como tal a Neil Harbisson, por parte del gobierno Inglés. De hecho, aparece con su ojo artificial en la foto de su pasaporte, para obtenerlo necesito de un informe médico que indicaba que su ojo artificial formaba parte de su cuerpo y le era necesitaba. Esta persona nació con acromatopsia, lo que le impide ver los colores, por lo que solo veía podía ver en blanco, negro y gris.

Al implantarse en su cabeza una antena que le permite "que le permite escuchar los colores", también, recibir imágenes y hasta llamadas en su cuerpo.

NOTA:

Neil Harbisson es un artista de vanguardia y activista ciborg de origen hispano-irlandés con residencia en Nueva York y Barcelona. Afirma que la antena le permite ver y percibir colores invisibles como infrarrojos y ultravioletas así como recibir imágenes, videos, música o llamadas telefónicas directamente a su cabeza desde aparatos externos como móviles o satélites.



Figura 26- Neil Harbisson primer cyborg

La rápida evolución de la tecnología, aumenta su potencial para modificar nuestro cuerpo y sus habilidades ya no es posible creer que los cyborgs son el futuro, sino que es el presente.

### **6.5. Nanorobot o nanobot**

La tecnología se desarrolla permanentemente, los robots continúan avanzando como grandes equipos o como micro equipos, esto último como denominados nano robot (nanorobótica), también se los menciona como nanobot.

La nanorobótica, aplicada en medicina, desarrolla robot de menos de 14 m.m., los hay tan pequeños (microcopicos), que tienen capacidad de moverse dentro del sistema circulatorio (venas y arterias), en el interior de una persona con una velocidad de avance del orden de los 9 m.m. por segundo (9 m.m./seg).

Al medir tan solo 14 milímetros, puede entrar en nuestro cuerpo y hacer una impagable exploración por sitios donde las tradicionales herramientas médicas tendrían imposible llegar. De la misma forma puede transportar medicamentos o incluso tiene la capacidad de hacer ciertas incisiones sin que sea necesario entrar en cirugías. Por ejemplo el ViRob se inserta con una inyección o puede tragarse.



Figura 27- nanobot de aplicación oral

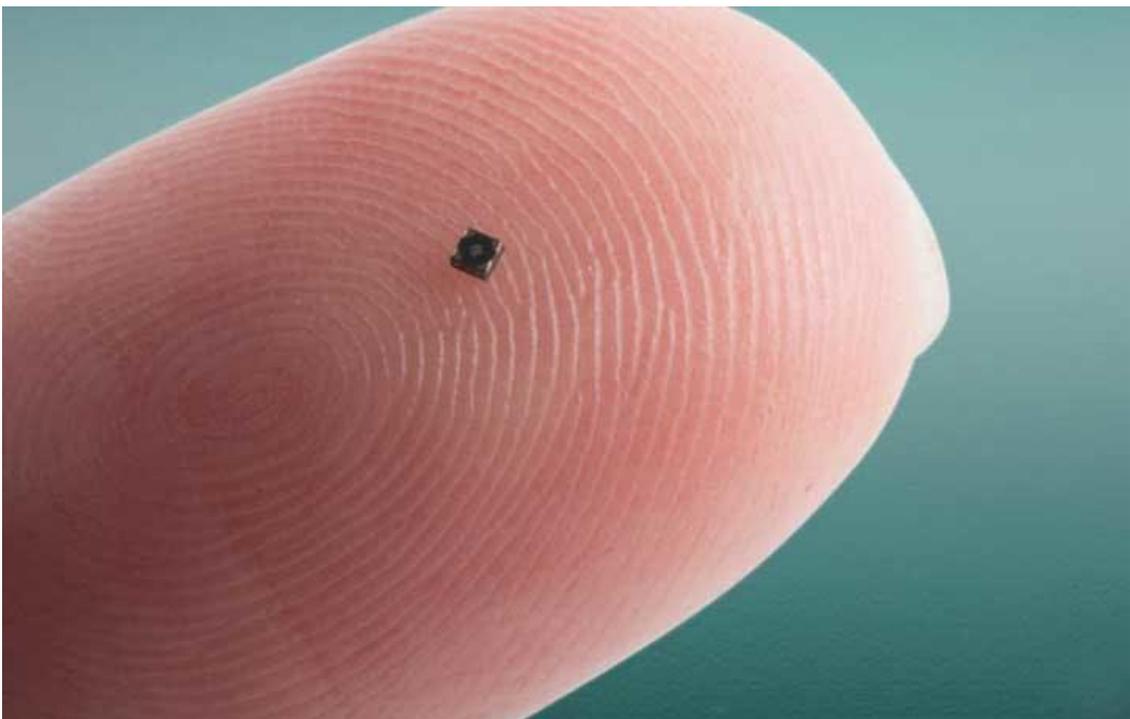


Figura 28- nanobot inyectable

En las figuras 27 y 28 se presentan nanobot, en ella podemos apreciar las dos formas de aplicación y dan la real idea de sus dimensiones y su posible revolucionaria aplicación aplicación

Debido a su posibilidad de interacción con determinadas células o moléculas del organismo, los nanorobots pueden utilizarse para

administrar fármacos y eliminar células. Medibles en nanómetros, estos robots híbridos pueden atravesar la barrera hematoencefálica y tratar diversas enfermedades y trastornos.

Con estas nano elementos, (máquinas microscópicas), se comienza a revolucionar la medicina, facilitando y haciéndolos más eficaces los tratamientos.

Debido a poder interactuar con células o moléculas específicas, los nanorobots tienen la capacidad única de ofrecer nuevas esperanzas de encontrar soluciones para una enorme cantidad de enfermedades.

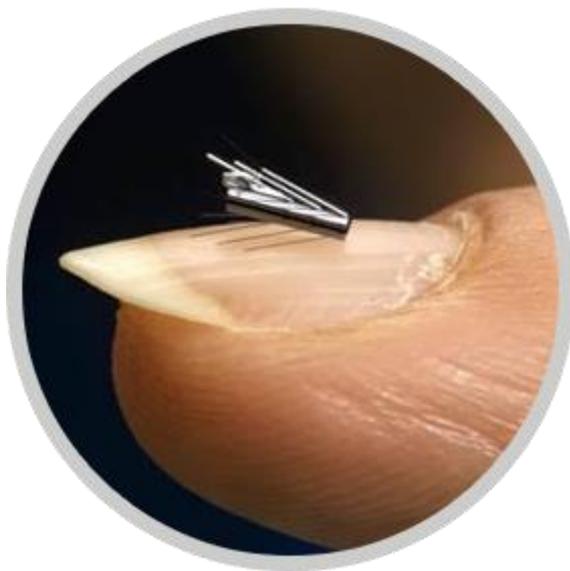


Figura 29- nanobot <http://www.microbotmedical.com>

### **6.6. Avances en medicina con nanobots**

En los próximos cinco años el desarrollo de la nanomedicina será enorme, se busca interactuar dentro del organismo humano con determinadas células para administrar medicamentos con la intención de eliminar células indeseadas, (por ejemplo cancerosas).

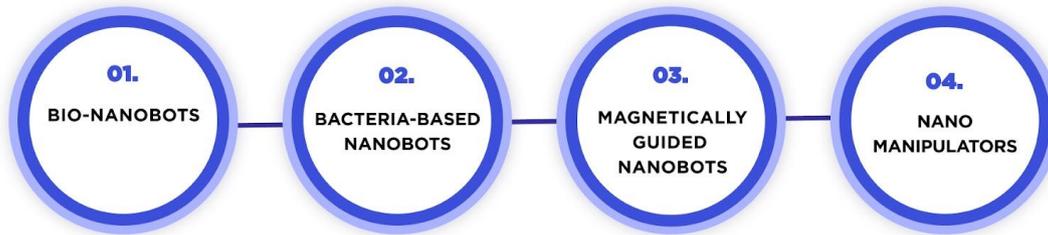
Se está buscando con la nanobotica, la combinación de células, y elementos bacterianos que pueden atravesar la barrera hematoencefálica para administrar medicamentos, de esta manera poder tratar trastornos neurológicos como el Parkinson y el Alzheimer.

También se investiga utilizar nanobot de ADN cargados de trombina para detener hemorragias lesiones no alcanzables en forma convencional y hacerlo en forma no invasiva. En aplicaciones en el diagnóstico, el

tratamiento, de diferentes enfermedades, como el cáncer de diferentes tipos, el control de la diabetes, la curación de heridas o el cuidado odontológico, etc.

Esta nueva tecnología obligará a las altas casas de estudios a crear nuevas carreras y/o cambiar los contenidos de las licenciaturas en enfermería, y en posgrados de Médicos Especialistas

## DIFFERENT TYPES OF NANOBOTS IN MEDICINE



RELEVANT

relevant.software



## **BIBLIOGRAFIA**

Bellido Diego-Madrado, Ramón Alfonso; Marzo Lostalé, Emma María; Domingo Grau, Alejandro; Corredor Isla, Ana Isabel; González Almela, Antonio José; Legua Bespín, María Victoria; Robótica en cirugía: la implementación de robots quirúrgicos y su efecto en la precisión y recuperación postoperatoria. Incluido en la revista Ocronos. Vol. VIII. N.º 2-Febrero 2025. Pág. Inicial: Vol. VIII; N.º 2: 815

<http://www.discapacidadonline.com/exoesqueletos-evoluciontrajes-roboticos.html>

Lockheed Martin, Martin's HULC Robotic Exoskeleton Enters Biomechanical Testing at U.S. Army Natick Soldier Systems Center

José Luis Melo "Ergonomía" (Editorial Journal, Buenos Aires 2005)

Ver en [http://www.ulaergo.com/Luis\\_Melo.php](http://www.ulaergo.com/Luis_Melo.php)

José Luis Melo, "Desde el comienzo", Quilmes (Pcia. de Buenos Aires) 2023  
Formato informático ULAERGO

**Colocado en en la página de la ULERGO (Unión Latinoamericana de Ergonomía)**

Ver en  
[http://www.ulaergo.com/Luis\\_Melo.php](http://www.ulaergo.com/Luis_Melo.php)

José Luis Melo, "Pasado, presente y futuro de la ergonomía", Quilmes (Pcia. de Buenos Aires) 2023 presentado para editar en Uruguay posteriormente en Formato informático en la biblioteca de ULAERGO

**Colocado en en la página de la ULERGO (Unión Latinoamericana de Ergonomía)**

Ver en  
[http://www.ulaergo.com/Luis\\_Melo.php](http://www.ulaergo.com/Luis_Melo.php)

Fundación REFA de Argentina: REFA, Estudio del trabajo Libro 1, Buenos Aires 1985.

Fundación REFA de Argentina: REFA, "Módulo 1", Tema 3 (Conceptos fundamentales del estudio del trabajo), Buenos Aires 1988.

Ing.Urgilez, Fabricio - El Internetes.com Exoesqueletos – [Evolución](#) de los trajes robóticos - El Internetes.com

Worktech Soluciones en manipulación, Exoesqueletos. Quilmes – Argentina 2018

<https://www.cnet.com/es/noticias/exoesqueleto-industrial-suitx>

<http://www.discapacidadonline.com/exoesqueletos-evoluciontrajes-roboticos.html>

<https://elpais.com/tecnologia/2017/05/24/actualidad/1495640589>

[Imagen](#) exoesqueleto, Disponible en:

<http://www.elmulticine.com/imagenes-fotos-peliculas-2.php?orden=443910>

[www.estabueno.com.ar/que-son-los-exoesqueletos](http://www.estabueno.com.ar/que-son-los-exoesqueletos) 2018

Xataka, exoesqueletos 2018