



## Revista Electrónica de Psicología Iztacala



Universidad Nacional Autónoma de México

Vol. 21 No. 3

Septiembre de 2018

## TECNOLOGÍA PSICOLÓGICA INTERCONDUCTUAL: DISEÑO DE PRÓTESIS

Juan Antonio Vargas Bustos<sup>1</sup>, Guillermo Urriolagoitia Sosa<sup>2</sup>,  
Beatriz Romero Ángeles<sup>3</sup> y Guillermo Urriolagoitia Calderón<sup>4</sup>  
Ciencia y Tecnología Interconductual  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Instituto Politécnico Nacional

### RESUMEN

En este artículo se presentan los resultados de un análisis inter y multidisciplinar referente al tema del desarrollo tecnológico de prótesis y la especificación de criterios psicológicos. Haciendo una revisión general se recuperan las normas médicas e ingenieriles para el diseño de prótesis, adicionando estándares psicológicos técnicos derivados de consideraciones teóricas y prácticas de la perspectiva interconductual en psicología. Además, se hace una reconceptualización de la participación de la Psicología en la Ingeniería y la Medicina, presentando una tabla guía para el diseño y uso de prótesis que sirve como referencia entre las áreas físicas y de la salud involucradas. Finalmente se plantea una reflexión sobre los aspectos económicos y sociales implicados en la comercialización de prótesis y las derivaciones propias de su uso funcional y cosmético.

**Palabras clave:** Tecnología, Psicología, Interconductual, Prótesis, Diseño.

## INTERBEHAVIORAL PSYCHOLOGICAL TECHNOLOGY: PROTHESIS DESIGN

<sup>1</sup> Ciencia y Tecnología Interconductual (CTI), Universidad Nacional Autónoma de México. Correo Electrónico: [cienciaytecnologiainterconductual@mail.com](mailto:cienciaytecnologiainterconductual@mail.com) y [juanvargaspsicologo@hotmail.com](mailto:juanvargaspsicologo@hotmail.com)

<sup>2</sup> Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Sección de Estudios de Posgrado e Investigación. Correo Electrónico: [guiurri@hotmail.com](mailto:guiurri@hotmail.com)

<sup>3</sup> Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Sección de Estudios de Posgrado e Investigación. Correo Electrónico: [romerobeatriz97@hotmail.com](mailto:romerobeatriz97@hotmail.com)

<sup>4</sup> Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Sección de Estudios de Posgrado e Investigación. Correo Electrónico: [guiurri@hotmail.com](mailto:guiurri@hotmail.com)

**ABSTRACT**

This manuscript presents the results of an inter- and multi-disciplinary analysis on the specification of psychological criteria involved in the technological development of prosthetics. Conducting a general review, medical and engineering standards for the design of prosthetics are gathered, adding psychological-technical standards derived from an interbehavioral approach in psychology. Moreover, a reconceptualization of the participation of Psychology in Engineering and Medicine is made, presenting guidelines for the design and use of prosthetics that function as a bridge between the Physics and Health areas involved. Finally, a reflection on the economic and social aspects involved in the commercialization of prosthetics as well as their functional and cosmetic use is made.

**Keywords:** Technology, Psychology, Interbehavioral, Prothesis, Design.

*¿Alguna otra mala idea?*  
Tony Stark, Iron Man

En la generación de conocimiento, la participación de diferentes disciplinas permite entender de una mejor manera la ocurrencia de un evento; al compartir información de distintas dimensiones conceptuales, la apreciación de un evento es integral y facilita avances en su estudio. De la misma manera, en la solución de distintos problemas sociales, la participación de diferentes disciplinas permite atender de una mejor manera las necesidades de la población; al compartir técnicas, la atención de un evento es integral y facilita su resolución. Por lo que es imposible pensar hoy en la concepción de un tema científico o tecnológico (elaboración, comercialización y servicio de un bien de consumo) en el que no se impliquen las dimensiones Física, Biológica, Psicológica y Social (Bunge, 2011).

Aunque la variable psicológica es considerada en temas generales de Ingeniería y Medicina, ésta no goza de la importancia y reconocimiento necesario, debido en parte a la falta de consenso de un objeto de estudio formal y la carencia de apoyos técnicos, guías, manuales o tablas consensuadas donde otros especialistas y el propio psicólogo puedan apoyarse y regirse por procedimientos estándar efectivos (Ribes, 1990). Siendo evidente entonces la necesidad de generar modelos psicológicos científicos que a su vez deriven en pautas tecnológicas que permitan implicar a la Psicología en el desarrollo de productos industriales y (como en este caso) específicamente médicos (Vargas, 2002).

Es así como las necesidades sociales vinculadas tradicionalmente al renglón médico son las que mayor atención reciben dadas sus consecuencias en la salud biológica y en el bienestar social. Las prótesis son uno de esos temas científicos y tecnológicos con particular relevancia social.

Entendiendo que es propiamente la Biomecánica el área interdisciplinaria que integra a la Biología y a la Física para la generación de conocimiento respecto al funcionamiento mecánico de los sistemas biológicos (Schneck, 2000), y la Ingeniería Mecánica y la Medicina las que actuando multidisciplinariamente participan en la solución de los problemas sociales relacionados con el tema (Cailliet, 2006).

La Psicología por otro lado al intentar intercambiar conocimientos con otras disciplinas científicas se distorsiona, particularmente en la suposición de la existencia de una entidad trascendental (y la lógica implícita), originando errores que bloquean el desarrollo de otras ciencias y sus usos tecnológicos (Ribes, 1990).

La Psicología Interconductual como teoría supera la dualidad mente-cuerpo al plantear a la interacción como objeto de estudio (Kantor, 1958). El análisis consiste en estudiar las condiciones históricas, situacionales y paramétricas de su ocurrencia (Ribes y López, 1985). Referente a la tecnología Interconductual, ésta se ocupa del análisis, evaluación, regulación y probabilización de la conducta en las distintas áreas tecnológicas (Vargas, 2008).

En especial el tema de las prótesis para la Psicología es ubicuo en la medida que sin importar del área tecnológica de la que se trate, de una u otra manera, esta será una variable que considerar (e.g. si la persona usa anteojos graduados, esto pudiera ser relevante en el área Clínica, Salud, Educativa o Deportiva) (Vargas, 2002). Así que el diseño y uso de prótesis es para la Psicología un tema de relevancia tecnológica general en cuanto a la observación de las consecuencias de su uso y justifica de manera práctica su colaboración para su elaboración. Incluso científicamente la participación de la Psicología en el tema de las prótesis es importante en la medida que se intenta comprender las interacciones de los

organismos con su medio y su extensión a temas de Biónica, Robótica e Inteligencia Artificial.

Así, el contar con criterios psicológicos específicos para el diseño y uso de prótesis, permite a los especialistas (principalmente Ingenieros y Médicos) perfeccionar y ampliar su labor con respecto al tema.

Referente a las prótesis puede ubicarse su origen en la más remota antigüedad del hombre cuando éste tuvo que suplir alguna función corporal vinculada con alguna necesidad de supervivencia básica (alimentación o protección), distintos materiales del entorno en su forma bruta constituían la fuente de recursos, así una parte de un árbol pasó en algún momento a sustituir una pierna perdida o algún cristal natural permitió mirar las cosas que con la edad escapaban a la vista.

Es evidente también que una prótesis es una derivación de las primitivas herramientas, así una navaja cortaba lo que las manos no podían o la piedra trituraba lo que no se podía masticar. En la medida en que estos instrumentos se integraban más a la anatomía humana pasaron a suplir funciones orgánicas para convertirse en prótesis (antiquísimas dentaduras de madera o piedra son ejemplo de esto).

En la medida en que el comportamiento del hombre y los materiales de confección se hicieron más diversos, también se fueron sofisticando las prótesis; además de cumplir con un carácter funcional, pasaron a tener un fin estético. Una vez que las necesidades básicas son cubiertas los grupos humanos comienzan a generar comportamiento social complejo, de tal manera que la vestimenta no sólo protege al cuerpo del ambiente o ayuda a cazar animales, ahora se usa para distinguir a las personas y su estatus. Plumos, collares, pintura y una infinidad de materiales y objetos resaltan características estéticas en ceremonias y la vida cotidiana, y en algún momento permiten sustituir (por lo menos en apariencia) alguna parte del cuerpo dañada o definitivamente perdida por alguna enfermedad; una piedra perfectamente pulida llena una cuenca ocular vacía o una mano hecha de barro es colocada dentro de una manga en sustitución de la perdida (es evidente que en muchos casos los prostéticos no sustituían ninguna función y sólo cumplían con lograr un efecto visual o estético). Al paso del tiempo las prótesis han ido

integrando de mejor manera funcionalidad y estética, pasando de ser objetos creados burdamente a diseños altamente complicados y en muchos de los casos costosos.

Se creó así primero un oficio y después un trabajo científico para la elaboración de prótesis que, según los criterios actuales, van desde las internas y externas (válvulas de corazón o piernas completas), para las diferentes partes del cuerpo (cabeza, tronco y extremidades) y con distintos usos (funcionales y/o estéticos). Apareciendo así distintos especialistas en la fabricación de prótesis que establecieron normas de confección y uso, de tal manera que los aspectos biológicos (médicos) y físicos (ingenieriles) son considerados como importantes, mientras los aspectos psicológicos de un prótesis han sido subestimados.

Socialmente es plenamente justificable la investigación y desarrollo de prótesis, ya que debido a los avances en estrategias de salud, el aumento en la obesidad infantil, el incremento de las expectativas de vida, la mayor supervivencia ante enfermedades y accidentes, el aumento de la edad promedio (países económicamente fuertes) y de natalidad (países económicamente débiles), y la escalada social de las preocupaciones estéticas (transformada en negocios lucrativos) tiene como consecuencia el aumento en su demanda (entre otros muchos insumos médicos y/o cosméticos). Siendo entonces los países con mayores niveles económicos quienes sustentan la investigación y manufactura de prótesis, convirtiéndose en los proveedores a nivel mundial de estos productos, generando un mercado altamente rentable en este nicho de comercio.

#### ANÁLISIS INTERDISCIPLINAR Y MULTIDISCIPLINAR DE CRITERIOS

Una prótesis es un objeto en el que convergen las disciplinas científicas de la Física, Biología, Psicología y Sociología, fundando con esto una Interdisciplina. De igual manera en su forma tecnológica como Ingeniería, Medicina, Psicología y Sociología conforman una Multidisciplina.

Vista inter y multidisciplinariamente una prótesis es un objeto y/o aparato que sustituye un componente orgánico y/o función perdida, ocasionada ésta por una condición congénita, degenerativa, enfermedad y/o por un accidente que tienen

por consecuencia la ausencia, pérdida y/o la amputación de algún(as) parte(s) del cuerpo y/o función(es), y/o que tiene por objetivo alterar la apariencia física y/o funcional (preservar, recuperar y/o cambiar) del componente orgánico existente.

En términos específicos las prótesis son objetos y/o aparatos ingenieriles que cubren necesidades médicas y psicológicas que se agrupan en tres clasificaciones mutuamente incluyentes:

- a) Internas y/o Externas.
- b) Cabeza, Tronco y/o Extremidades.
- c) Funcional y/o Cosmética.

Habría que añadir que existen muchas otras clasificaciones vinculadas a su uso, confección o indicador comercial del prótesis:

- a) Fijas - Removibles.
- b) Temporales - Permanentes.
- c) Material de confección.
- d) Edad del usuario...

De tal manera que en el argot inter y multidisciplinario, para procurar un intercambio de información consistente, la descripción de la prótesis alude a las clasificaciones mencionadas usando como identificador la parte o función que sustituye (e.g. prótesis interna permanente de tronco tercer costilla derecha de uso funcional infantil de Titanio).

## DISEÑO Y USO DE PRÓTESIS: FÍSICA E INGENIERÍA

Desde el punto de vista de la Física y en específico de la Ingeniería, una prótesis es un objeto y/o aparato que hace las veces de un componente o función orgánica. Las ramas especializadas de Ingeniería en Sistemas, Mecánica y Electrónica contribuyen con una parte del conocimiento y en conjunto integran productos precisos, además de que a su vez crean áreas súper especializadas de conocimiento como la Biónica, Robótica e Inteligencia Artificial que cada vez tienen una mayor participación en el tema de prótesis.

Las prótesis se clasifican en Ingeniería según el material, el diseño, la tecnología, la función y el uso:

## Materiales

- Dimensiones (ancho, largo y alto).
- Propiedades generales (masa, volumen, peso, densidad, impermeabilidad, divisibilidad, inercia y dureza).
- Propiedades específicas (elasticidad, solidificación, estado [sólido, líquido, gaseoso y coloidal] punto de fusión, conductibilidad [térmica y eléctrica], organolépticas [color, olor, sabor y textura], solubilidad y punto de ebullición).
- Comportamiento (químico [oxidación, putrefacción, combustión y fermentación], mecánico, eléctrico, térmico, óptico, acústico y magnético).
- Biomateriales (materiales procedentes de un ser vivo [diferente a injerto]).
- Biocompatibilidad (inocuidad).
- Factibilidad (viabilidad económica).

## Diseño

- Objeto (cuerpo físico singular o el resultado de agregados en un cuerpo único).
- Elementos (serie de cuerpos físicos individuales que se complementan).
- Mecanismo (serie de objetos vinculados entre sí para cumplir una función).
- Aparato (serie de mecanismos vinculados entre sí para cumplir una función[es]).
- Compuesto (objeto, elementos, mecanismo y/o aparato vinculados para cumplir y/o complementar una función[es]).

## Tecnología

- Hardware (interacción de materiales).
- Software (operaciones establecidas del sistema).

## Función

- Estructural (soporte orgánico).
- Operativa (soporte de sistema).
- Óptica (organoléptica visual).
- Auditiva (organoléptico auditivo).
- Táctil (trasmisión organoléptica palpable y/o funcional).
- Reconstructiva (funcional - cosmética).

## Uso

- Internas - externas.
- Fijas - removibles.
- Mixtas.

## DISEÑO Y USO DE PRÓTESIS: BIOLOGÍA Y MEDICINA

Desde el punto de vista de la Biología y en específico de la Medicina, una prótesis es un objeto y/o aparato que hace las veces de un componente o función orgánica, integrado a la entidad biológica. Las principales ramas de la Biología relacionadas con las prótesis son Anatomía, Fisiología y Morfología. A su vez la Medicina se divide en especializaciones que señalan normas orgánicas, requerimientos prostéticos y procesos rehabilitatorios: Cardiología, Gastroenterología, Nefrología, Neumología, Neurología, Odontología, Oftalmología, Otorrinolaringología, Reumatología, Traumatología y Urología.

Las prótesis se clasifican en Medicina según la especie, la localización funcional, localización anatómica, el sistema, el órgano y la integración:

### Especie

- Animales.
- Humanos.

### Localización funcional

- Cabeza.
- Tronco.
- Extremidades superiores.
- Extremidades inferiores.

### Localización anatómica

- Cabeza y cuello.
- Tórax.
- Abdomen.
- Pelvis.
- Ubicuos.

### Sistema

- Sistema circulatorio.
- Sistema digestivo.
- Sistema endócrino.
- Sistema inmunológico.
- Sistema linfático.
- Sistema muscular.
- Sistema nervioso.
- Sistema óseo.
- Sistema reproductor.
- Sistema respiratorio.
- Sistema urinario.

### Órgano

- Cerebro.
- Lengua.
- Ojo.
- Oído.
- Pulmones.
- Corazón.
- Timo.
- Estómago.
- Hígado.
- Riñones.
- Páncreas.
- Bazo.
- Pene.
- Clítoris.
- Testículos.
- Útero.
- Próstata.
- Vejiga.
- Huesos.
- Músculos.
- Piel.

### Integración

- Internas - Externas.
- Permanente - Transitoria.
- Fija - Removible.
- Perecedera - No perecedera.
- Ajustable - No ajustable.
- Evolutiva - Definitiva.
- Autónoma - Dependiente.
- Funcional - Cosmética.
- Factibilidad (viabilidad económica).

### REQUERIMIENTOS DE ESPECIALISTAS EN EL ÁREA

Para ampliar la base de conocimientos y la comprensión de demandas sociales concretas con respecto al tema, se realizó un estudio con el objetivo de explorar cuáles son los aspectos psicológicos que deberían considerarse para el diseño y uso de prótesis, según la perspectiva de los distintos expertos. Se partió de la hipótesis general de que los especialistas involucrados en el diseño y uso de

prótesis pueden aportar conocimiento respecto a la dimensión psicológica en este tema, en la medida que enfrentan teórica y prácticamente estas cuestiones en sus labores cotidianas. Dadas las características de la amplia gama de disciplinas involucradas y el nivel de hiper especialización requerido en el diseño y uso de prótesis, se optó por un tipo de muestra estratificada. Las áreas de especialización de los diez expertos participantes en el estudio son:

- 1) Trabajo Social (clasificación y canalización de usuarios para educación especial).
- 2) Educación Especial (atención a usuarios con deficiencias auditivas y visuales).
- 3) Educación Especial (atención a usuarios con deficiencias motoras).
- 4) Investigación Psicológica (desarrollo de habilidades académicas).
- 5) Educación (elaboración de programas y materiales educativos).
- 6) Educación (adecuación de instalaciones y materiales educativos).
- 7) Diseño Mecánico (diseño de prótesis).
- 8) Diseño Mecánico (desarrollo de software y hardware para prótesis).
- 9) Psicoterapia (atención a pacientes con secuelas médicas de amputación).
- 10) Medicina (atención a deportistas con necesidades especiales).

Todos ellos desarrollan de manera científica y/o tecnológica el tema de los prótesis, algunos en contacto con los usuarios, otros en la práctica docente y algunos en investigación, por lo que en conjunto representan una muestra del estado real del conocimiento respecto al tema de las prótesis. Como estándares principales del cuestionario se procuraron la secrecía de los datos (no se solicita el nombre del participante). En el lugar de trabajo de cada especialista les fue entregado el cuestionario y un bolígrafo, dictando (y que aparecen en el cuestionario) las instrucciones correspondientes, la confidencialidad en el manejo de información y explicando el propósito general de este estudio. No se señala un límite de tiempo para el llenado, salvo que se complete y entregue en ese momento. A continuación, se muestra en la tabla 1 el análisis de los resultados de la indagación a los expertos. En la primera columna aparece el área de especialidad, en la siguiente el tipo de contacto profesional con las prótesis y en la

tercera los aspectos psicológicos que deberían considerarse en el tema según su opinión.

Tabla 1

Sugerencias de especialistas para las prótesis.

	Especialidad	Contacto	Sugerencia
1	Trabajo Social	Usuarios	Apariencia
2	Educación Especial	Usuarios	Apariencia, Funcionalidad, Comodidad
3	Educación Especial	Usuarios	Apariencia, Funcionalidad, Comodidad
4	Investigación Psicológica	Usuarios	Ajuste
5	Educación	Usuarios	Apariencia, Funcionalidad, Ajuste,
6	Educación	Usuarios	Ajuste
7	Diseño Mecánico	Diseño	Comodidad
8	Diseño Mecánico	Diseño	Adaptación
9	Psicoterapia	Usuarios	Apariencia, Comodidad
10	Medicina	Usuarios	Funcionalidad, Adaptación

Nota: Opinión de especialistas respecto a los aspectos psicológicos a considerar en el diseño de prótesis a partir del contacto profesional con usuarios.

Se pueden observar coincidencias entre los especialistas respecto a los aspectos psicológicos que deberían tomarse en cuenta al diseñar prótesis, los más mencionados son: Funcionalidad (que sustituya la función de lo que reemplaza), Comodidad (que se integre como lo que reemplaza), Apariencia (que se asemeje a lo que reemplaza) y Ajuste (que permita interactuar como lo que reemplaza).

Cabría resaltar que la mayoría de los especialistas consultados son ellos mismos usuarios de prótesis (oculares, dentales) y/o pueden identificar en su entorno cercano (familiares, amistades, compañeros de trabajo) el uso cotidiano de prótesis.

Además, es suficientemente claro advertir que los especialistas distinguen carencias en la dimensión psicológica del diseño y uso de prótesis en tanto semejanza física (evolutiva y adaptativa), y sustitución organoléptica (vinculada al desarrollo psicológico).

Semejanza física: más allá de la conveniencia biológica de un prótesis que se ajusta al ciclo vital de un organismo, en el terreno psicológico se señala como conveniente el que un prótesis se desarrolle al ritmo y manera del cuerpo donde se inserta, facilitando así la integración propia (para uno) y social (para otros).

Sustitución organoléptica: es crucial desde un punto de vista psicológico ya que, si bien el comportamiento mecánico de un prótesis es fundamental, también lo es el contacto que los sentidos (vista, olfato, oído, gusto y tacto) en forma integral nos permite para refinar y complejizar el comportamiento.

## ANÁLISIS ESPECÍFICO DE CRITERIOS PSICOLÓGICOS

Desde la dimensión psicológica, una prótesis es un objeto y/o aparato que hace las veces de un componente o función orgánica, integrado a la conducta del organismo. Se clasifican según el nivel general de integración biológica, nivel general de integración psicológica, nivel general de integración social, vinculación sensorial, atributo, implementación y niveles inclusivo-progresivos de integración psicológica:

### Nivel general de integración biológica

- Conducta biológica: hace referencia a la actividad orgánica involuntaria y para la cual no media un proceso de aprendizaje en su ejecución (e.g. pulso / válvula coronaria).
- Conducta psicológica: hace referencia a la actividad orgánica voluntaria y para la cual media un proceso de aprendizaje para su ejecución (e.g. escribir / mano).
- Mixta: actividad involuntaria y voluntaria involucrada en su función de manera paralela o secuencial (e.g. respirar - hablar / tráquea).

### Nivel general de integración psicológica

- Pertinencia: importante para el sustento vital y/o funcionamiento requerido (necesaria) y/u opcional no vinculada al sustento vital y/o funcionamiento requerido (innecesaria).

- Integración: se refiere al tiempo (inmediata, mediata, distante, nula) y forma (completa, parcial, nula) en que el organismo se adapta a la colocación y/o uso (comodidad).
- Apariencia: adaptación a las características morfológicas propias del organismo (ajuste al aspecto físico).
- Funcionalidad: adaptación a las características funcionales propias del organismo (adecuada o inadecuada).
- Complejidad: se refiere al nivel de dificultad de operación y recursos involucrados (operativa).
- Opinión: evaluación individual del usuario (buena, mala, condicional).

#### Nivel general de integración social

- Cultural: evaluación individual del usuario a partir de un grupo social de referencia (aceptada, rechazada, condicional).
- Factibilidad: valor económico relativo al poder adquisitivo vinculado al usuario y/o valor económico asignado por el grupo social de referencia (viabilidad económica).

#### Vinculación sensorial

- Vista: ver, discriminación visual.
- Oído: escuchar, discriminación auditiva.
- Olfato: oler, discriminación olfativa.
- Gusto: gustar, discriminación gustativa.
- Tacto: sentir, discriminación táctil.
- Inerte: sin impacto sensorial inmediato.
- Mixta: que involucra a dos o más sentidos, discriminación orgánica compleja.

#### Atributo

- Funcional: se refiere a su vinculación con el funcionamiento orgánico y/o comportamiento aprendido (e.g. rodilla).
- Cosmético: se refiere a su vinculación adaptativa a la apariencia física (e.g. implante mamario).
- Mixto: se refiere a la vinculación funcional y cosmética concurrente (e.g. pierna).

#### Implementación

- Colocación: requerimientos para aplicación autónoma y/o asistida (e.g. brazos).
- Duración: vida útil relacionada con el organismo de manera permanente, provisional, variable o evolutiva (e.g. dentales).

#### Niveles inclusivo-progresivos de integración psicológica

- Contextual: se refiere a la posibilidad de interactuar ante la acción del medio.

- Suplementario: se refiere a la posibilidad de interactuar alterando el medio.
- Selector: se refiere a la posibilidad de interactuar de manera diferenciada y consecutiva con el medio.
- Referencial: se refiere a la posibilidad de interacción funcional desligada de factores situacionales (valores convencionales).
- No referencial: se refiere a la posibilidad de interacción funcional desligada de valores convencionales (valores convencionales complejos).

(se pueden ejemplificar estos cinco niveles inclusivo-progresivos de complejidad del comportamiento con el uso de anteojos de prescripción médica: al momento de manejar un automóvil por la noche y ser deslumbrado por otro automóvil y reaccionar [contextual], luego al dirigir la mirada a otra parte del camino para continuar manejando [suplementario], luego al reducir la velocidad, mover el volante y observar si no hay cerca otro automóvil [selector], luego al interpretar una señal de tránsito que indica una pendiente y la velocidad recomendada [referencial], y calcular matemáticamente la velocidad, distancia y tiempo para tomar la pendiente [no referencial].

#### INTEGRACIÓN DE CRITERIOS INGENIERILES, MÉDICOS Y PSICOLÓGICOS.

Si bien la especialización es una manera de desarrollar el conocimiento de un tema, también es una forma de aislamiento que segmenta y hace tendenciosos los hallazgos. La incorporación de variables interactivas no solamente permite comprender un evento, si no también dar una mejor explicación.

Cuando al momento de diseñar una prótesis se hace exclusivamente desde una disciplina, es casi seguro que lo siguiente será hacer correcciones derivadas de las observaciones que las otras hacen.

Actualmente, y para no cometer este error, de manera implícita los distintos expertos consideran información relevante de diferentes áreas según sea la parte del proceso de diseño (dependiendo esta información de contactos o recursos académicos).

La prescripción del uso de un prótesis necesariamente está vinculada al conocimiento del técnico implicado. En muchos de los casos se trata de personas con formación médica especializada y con poca o nula información ingenieril y psicológica que les permita un análisis adecuado.

A continuación se presenta la figura 1 en la que se ordenan y presentan los criterios ingenieriles, médicos y psicológicos generales para el diseño y uso de prótesis, tratándose con un enfoque inter y multidisciplinario (al frente el listado, al reverso las descripciones de apoyo). El objetivo de la figura es servir como una guía general de referencia entre especialistas. En el momento del diseño cada uno podrá consultar los criterios de su disciplina como los de las contiguas. Si lo que se intenta es valorar un prótesis, la figura indicará los puntos de referencia de una evaluación integral (respecto a la consulta de normas técnicas específicas, éstas deberán hacerse en los catálogos propios de cada disciplina).

Figura 1. Criterios inter y multidisciplinarios para el diseño y uso de prótesis (frente)

<b>Criterios Ingenieriles</b>	<b>Criterios Médicos</b>	<b>Criterios Psicológicos</b>
<b><i>Materiales</i></b> <i>Dimensiones</i> <i>Propiedades Generales</i> <i>Propiedades Específicas</i> <i>Comportamiento</i> <i>Biomateriales</i> <i>Biocompatibilidad</i> <i>Factibilidad</i>	<b><i>Especie</i></b> <i>Animales</i> <i>Humanos</i>	<b><i>Nivel general de integración biológica</i></b> <i>Conducta biológica</i> <i>Conducta psicológica</i> <i>Mixta</i>
<b><i>Diseño</i></b> <i>Objeto</i> <i>Elementos</i> <i>Mecanismo</i> <i>Aparato</i> <i>Compuesto</i>	<b><i>Localización funcional</i></b> <i>Cabeza</i> <i>Tronco</i> <i>Extremidades superiores</i> <i>Extremidades inferiores</i>	<b><i>Nivel general de integración psicológica</i></b> <i>Pertinencia</i> <i>Integración</i> <i>Apariencia</i> <i>Funcionalidad</i> <i>Complejidad</i> <i>Opinión</i>
<b><i>Tecnología</i></b> <i>Hardware</i> <i>Software</i>	<b><i>Localización anatómica</i></b> <i>Cabeza y Cuello</i> <i>Tórax</i> <i>Abdomen</i> <i>Pelvis</i> <i>Ubicuos</i>	<b><i>Nivel general de integración social</i></b> <i>Cultural</i> <i>Factibilidad</i>
<b><i>Función</i></b> <i>Estructural</i> <i>Operativa</i> <i>Óptica</i>	<b><i>Sistema</i></b> <i>Sistema circulatorio</i> <i>Sistema digestivo</i> <i>Sistema endócrino</i>	<b><i>Vinculación sensorial</i></b> <i>Vista</i> <i>Oído</i> <i>Olfato</i>

<p><i>Auditiva</i> <i>Táctil</i> <i>Reconstructiva</i></p>	<p><i>Sistema inmunológico</i> <i>Sistema linfático</i> <i>Sistema muscular</i> <i>Sistema nervioso</i> <i>Sistema óseo</i> <i>Sistema reproductor</i> <i>Sistema respiratorio</i> <i>Sistema urinario</i></p>	<p><i>Gusto</i> <i>Tacto</i> <i>Inerte</i> <i>Mixta</i></p>
<p><b>Uso</b> <i>Internas - Externas</i> <i>Fijas - Removibles</i> <i>Mixtas</i></p>	<p><b>Órgano</b> <i>Cerebro</i> <i>Lengua</i> <i>Ojo</i> <i>Oído</i> <i>Pulmones</i> <i>Corazón</i> <i>Timo</i> <i>Estómago</i> <i>Hígado</i> <i>Riñones</i> <i>Páncreas</i> <i>Bazo</i> <i>Pene</i> <i>Clítoris</i> <i>Testículos</i> <i>Útero</i> <i>Próstata</i> <i>Vejiga</i> <i>Huesos</i> <i>Músculos</i> <i>Piel</i></p>	<p><b>Atributo</b> <i>Funcional</i> <i>Cosmético</i> <i>Mixto</i></p> <hr/> <p><b>Implementación</b> <i>Colocación</i> <i>Duración</i></p>

	<b>Integración</b>	<b>Niveles</b>	<b>inclusivo-</b>
	<i>Internas - Externas</i>	<b>progresivos</b>	<b>de</b>
	<i>Permanente</i>	-	<b>integración psicológica</b>
	<i>Transitoria</i>		<i>Contextual</i>
	<i>Fija - Removible</i>		<i>Suplementario</i>
	<i>Perecedera</i>	- No	<i>Selector</i>
	<i>perecedera</i>		<i>Referencial</i>
	<i>Ajustable</i>	- No	<i>No referencial</i>
	<i>ajustable</i>		
	<i>Evolutiva - Definitiva</i>		
	<i>Autónoma</i>	-	
	<i>Dependiente</i>		
	<i>Funcional</i>	-	
	<i>Cosmética</i>		
	<i>Factibilidad</i>		

Criterios inter y multidisciplinarios para el diseño y uso de prótesis (reverso)

**PRÓTESIS:** objeto y/o aparato que sustituye un componente orgánico y/o función perdida, ocasionada ésta por una condición congénita, degenerativa, enfermedad y/o por un accidente que tienen por consecuencia la ausencia, pérdida y/o la amputación de algún(as) parte(s) del cuerpo y/o función(es), y/o que tiene por objetivo alterar la apariencia física y/o funcional (preservar, recuperar y/o cambiar) del componente orgánico existente. El identificador general de la prótesis es la parte o función que sustituye, por ejemplo: prótesis interna permanente de tronco tercer costilla derecha de uso funcional infantil de Titanio.

**INGENIERÍA**

**Materiales:** Dimensiones (ancho, largo y alto), Propiedades Generales (masa, volumen, peso, densidad, impermeabilidad, divisibilidad, inercia y dureza), Propiedades Específicas (elasticidad, solidificación, estado [sólido,

liquido, gaseoso y coloidal] punto de fusión, conductibilidad [térmica y eléctrica], organolépticas [color, olor, sabor y textura], solubilidad y punto de ebullición), Comportamiento (químico [oxidación, putrefacción, combustión y fermentación], mecánico, eléctrico, térmico, óptico, acústico y magnético), Biomateriales (materiales procedentes de un ser vivo [diferente a injerto]), Biocompatibilidad (inocuidad), Factibilidad (viabilidad económica). **Diseño:** Objeto (cuerpo físico singular o el resultado de agregados en un cuerpo único), Elementos (serie de cuerpos físicos individuales que se complementan), Mecanismo (serie de objetos vinculados entre sí para cumplir una función), Aparato (serie de mecanismos vinculados entre sí para cumplir una función[es]), Compuesto (objeto, elementos, mecanismo y/o aparatos vinculados para cumplir y/o complementar una función[es]). **Tecnología:** Hardware (interacción de materiales), Software (operaciones establecidas del sistema). **Función:** Estructural (soporte orgánico), Operativa (soporte de sistema), Óptica (organoléptica visual), Auditiva (organoléptico auditivo), Táctil (trasmisión organoléptica palpable y/o funcional), Reconstructiva (funcional - cosmética). **Uso:** Internas - Externas, Fijas - Removibles, Mixtas.

### MEDICINA

**Especie:** Animales, Humanos. **Localización funcional:** Cabeza, Tronco, Extremidades superiores, Extremidades inferiores. **Localización anatómica:** Cabeza y Cuello, Tórax, Abdomen, Pelvis, Ubicuos. **Sistema:** Sistema circulatorio, Sistema digestivo, Sistema endócrino, Sistema inmunológico, Sistema linfático, Sistema muscular, Sistema nervioso, Sistema óseo, Sistema reproductor, Sistema respiratorio, Sistema urinario. **Órgano:** Cerebro, Lengua, Ojo, Oído, Pulmones, Corazón, Timo, Estómago, Hígado, Riñones, Páncreas, Bazo, Pene, Clítoris, Testículos, Útero, Próstata, Vejiga, Huesos, Músculos, Piel. **Integración:** Internas - Externas, Permanente - Transitoria, Fija - Removible, Perecedera - No perecedera, Ajustable - No ajustable, Evolutiva - Definitiva, Autónoma - Dependiente, Funcional - Cosmética, Factibilidad (viabilidad económica).

**PSICOLOGÍA**

**Nivel general de integración biológica:** Conducta biológica (funcionamiento orgánico), Conducta psicológica (comportamiento aprendido), Mixta. **Nivel general de integración psicológica:** Pertinencia (necesaria o innecesaria), Integración (inmediata, mediata, distante, nula / completa, parcial, nula / comodidad), Apariencia (ajuste al aspecto físico), Funcionalidad (adecuada o inadecuada), Complejidad (operativa), Opinión (buena, mala, condicional). **Nivel general de integración social:** Cultural (aceptada, rechazada, condicional), Factibilidad (viabilidad económica). **Vinculación sensorial:** Vista, Oído, Olfato, Gusto, Tacto, Inerte, Mixta. **Atributo:** Funcional (vinculada al funcionamiento orgánico y/o comportamiento aprendido), Cosmético (vinculada a la apariencia física), Mixto. **Implementación:** Colocación (autónoma, asistida, mixta), Duración (permanente, provisional, variable, evolutiva). **Niveles inclusivo-progresivos de integración psicológica:** Contextual, Suplementario, Selector, Referencial, No referencial.

Figura 1. Criterios inter y multidisciplinares (ingenieriles, médicos y psicológicos) para el diseño y uso de prótesis, adicionando un glosario de consulta rápida (frente y reverso).

Las etapas comprometidas entre diseño y manufactura son afectadas por los criterios aquí expuestos, en por lo menos dos aspectos: la integración de equipos con formación diversa y la concepción general del prótesis (qué es y para qué sirve).

Por lo que toca a la comercialización, los procesos mayormente afectados son los de análisis y evaluación, en la medida que se facilitan los de Ingeniería y Medicina al agregar los de Psicología (que asume los temas de su competencia).

Puede señalarse de muchas maneras el inicio de la elaboración de un prótesis según sea el ángulo disciplinar que se emplee (ingenieril, médico, psicológico o social), el fin implícito (académico o comercial) o el nivel de desarrollo (científico o tecnológico). En este caso para poder ejemplificar el uso de los criterios inter y multidisciplinarios propuestos, se describirá de manera muy general el proceso típico al que se sujeta el usuario promedio de un prótesis.

El primer contacto del probable usuario de un prótesis se da con un Médico, este habrá de realizar el diagnóstico correspondiente y determinará la necesidad de la prótesis. En la figura de criterios el Médico ubicará la información biológica de la prótesis del usuario señalando especie (en este caso una persona), localización funcional, localización anatómica, sistema, órgano e integración. Incluyendo una descripción morfológico-funcional del prótesis señalando especificaciones técnicas (el grado de detalle y complejidad de esta información dependerá de los catálogos propios de la disciplina).

Esta información, junto con el diagnóstico clínico general, será turnada al Psicólogo, quien en la figura de criterios y en la columna correspondiente, determinará el nivel general de integración biológica, nivel general de integración psicológica, nivel general de integración social, vinculación sensorial, atributo, implementación y niveles inclusivo-progresivos de integración psicológica (el grado de detalle y complejidad de esta información dependerá de los catálogos propios de la disciplina). La información médica y psicológica será turnada al Ingeniero quien determinará los materiales, diseño, tecnología, función y uso para la elaboración del prótesis (el grado de detalle y complejidad de esta información dependerá de los catálogos propios de la disciplina).

Así, el protésico elaborado pasa a manos del Médico quien lo coloca analizando su funcionamiento biológico, luego el usuario pasa con el Psicólogo para que éste evalúe las implicaciones interactivas de su uso. Los resultados médicos y psicológicos son retroalimentados al Ingeniero para que este realice los ajustes correspondientes. Una ventaja obvia de este tipo de proceso es que cualquiera de los especialistas puede consultar información específica de las distintas disciplinas involucradas.

Se sugiere, respecto al valor monetario, usar la clasificación de prótesis básica, estándar y especial, que refiere su factibilidad de elaboración y comercialización (indicando de manera progresiva un mayor costo económico).

Las prótesis básicas suponen materiales y un proceso de fabricación barato, lo mismo que diseño y tecnología sencilla. También su aplicación se puede hacer mediante técnicas accesibles o la autocolocación, incluso se puede prolongar su funcionamiento con distintas estrategias. Otra manera de mantener un costo bajo es reducir al mínimo necesario las especificaciones asociadas a funciones o características superfluas (no asociadas al funcionamiento básico biológico y/o psicológico).

Las prótesis estándar cumplen con todos los requerimientos materiales, diseño, tecnología y fabricación. Para su aplicación se dispone de los procedimientos regulares y los aparatos necesarios, sea que se trate de la colocación por parte de un especialista o por parte del mismo usuario. Las características técnicas incluyen aquellas biológicas y psicológicas básicas, junto con especificaciones semejantes a lo que remplazan.

Las prótesis especiales cumplen de manera sobrada con los requerimientos materiales, diseño, tecnología y fabricación, obedeciendo en algunos casos a peticiones puntuales del usuario. Su aplicación incluye intervenciones y aparatos de vanguardia que reducen efectos colaterales. Además de cumplir con funciones biológicas y psicológicas estándar de lo que remplazan, el protésico puede potencializar el funcionamiento orgánico y/o interactivo (e.g. lente intraocular).

En la figura 2 aparece la clasificación de las prótesis relacionando sus características físicas, biológicas y psicológicas con la viabilidad económica de un

producto comercial, en las categorías de vital, necesaria, útil y opcional. Vital como categoría significa que es esencial para mantener la vida. Necesaria alude a las interacciones que posibilitan a su vez aspectos vitales y/o de bienestar. Útil refiere a que permiten cumplir con aspectos vitales y/o de bienestar de manera efectiva. Opcional significa que sustenta aspectos vitales, de bienestar, en forma efectiva y/o es prescindible. Es importante observar que un prótesis, sin importar el nivel, puede estar vinculado a procesos vitales y de manera inclusiva ser necesario, útil y opcional. Aunque también por otro lado puede ser exclusivamente opcional, útil, necesario o vital. La lógica fundamental para esta valuación es el criterio de salud biológica y bienestar social (Ribes, 1990b), donde se parte de la idea de que la sociedad coloca la atención sanitaria individual como prioritaria.

Figura 2. Criterios de valuación de prótesis

Costo	Niveles	Vital	Necesaria	Útil	Opcional
Mínimo	Básica 1	■			
Mínimo	Básica 2		■		
Medio	Estándar 1	■	■	■	
Medio	Estándar 2		■	■	
Medio	Estándar 3			■	
Máximo	Especial 1	■	■	■	■
Máximo	Especial 2		■	■	■
Máximo	Especial 3			■	■
Máximo	Especial 4				■

Figura 2. muestran los criterios biológicos, materiales y psicológicos básicos para la valuación de prótesis según su uso progresivo en relación vital, necesaria, útil y/u opcional.

En cualquiera de las formas posibles de un prótesis existen muchos más factores relacionados con su costo (como con cualquier producto de consumo), lo que aquí se señala es una escala de prioridad lógica y humana.

## CONCLUSIONES

Los criterios propios de la Física-Ingeniería, Biología-Medicina y Psicología para el diseño y uso de prótesis, suponen un nivel de especialización y complejidad enorme. Sea que se trate de los prótesis convencionales o los de última generación, existe una intrincada red de especialistas y artesanos implicados en la investigación y/o fabricación de distintas prótesis, contando cada uno con un catálogo de normas propio.

Para el tema de los prótesis la conformación de criterios generales como guías discernibles de información resulta (por su complejidad) una tarea altamente experta e incluso en muchos casos super especializada, así quienes están involucrados en prótesis oftálmicas poseen habilidades y conocimientos muy distintos a los de un Cardiólogo que coloca válvulas para el corazón.

Independientemente de la prótesis y el conocimiento particular requerido para su confección y aplicación, es necesario establecer comunicación entre especialistas a través de procedimientos transversales (inter y multidisciplinarios) e inventarios de conocimientos compartibles.

Las nociones de Física, Química, Biología, Psicología y Sociología son requisitos indispensables para involucrarse en el diseño y uso de prótesis. En la medida en que se va seleccionando un área o un tipo de prótesis específico para su investigación y/o manufactura, la información es más selecta y siempre interdisciplinar. Los criterios expuestos en este escrito pretenden tender esas líneas formales de comunicación para la transmisión del conocimiento científico y tecnológico.

La propuesta de criterios psicológicos para el desarrollo de prótesis y su integración con los criterios médicos e ingenieriles requiere establecer una serie de acuerdos mínimos entre las disciplinas involucradas.

La postura Interconductual en Psicología supone como objeto de estudio de la disciplina la interacción total del organismo con el medio, derivando una teoría de la conducta (Ribes y López, 1985). Así la configuración del organismo y las características del medio son descritas por las dimensiones correspondientes (física, biológica, social), mientras que la interacción entre ambos (organismo y medio) pertenece a la Psicología (Ribes, 2009). Estas interacciones son estudiadas en distintos niveles inclusivo-progresivos de complejidad que permiten una explicación coherente para la integración del prótesis y el organismo.

De la Medicina y la Ingeniería se retoman de manera general los criterios más comúnmente empleados para la identificación anatómico-funcional, materiales y procesos involucrados con las prótesis, con la suposición de que al ubicarla de manera precisa se facilitará la caracterización del nivel de especialización requerido a los expertos involucrados y se simplificará la comprensión a otros implicados no expertos en algunos temas.

Respecto a la producción y comercialización de prótesis se señalan los criterios de valuación biológica, material y psicológica elementales. Los parámetros de la salud biológica y el bienestar social son claves en el establecimiento de prioridades sanitarias y políticas generales de población, en el contexto de un sistema comercial de oferta y demanda.

La complejidad, calidad y precio de los prótesis se rige por dos criterios: el primero sanitario y el segundo opcional. Las necesidades sanitarias señalan el interés de una sociedad por prevenir, atender y rehabilitar con prótesis a sus miembros en el renglón de salud, y que éstos sean funcionales económicamente, por lo que las inversiones aumentan para reducir el costo al usuario (interés colectivo). Las prótesis opcionales pueden responder a necesidades de salud y además agregar características de interés para el usuario, estableciendo su costo según el mercado. Hay que señalar también que existen graduaciones entre características sanitarias y opcionales, lo cual genera una amplia variedad de prótesis.

El progreso de la tecnología depende de una intrincada red de valores sociales y económicos. La factibilidad comercial de un producto determina la velocidad y

orientación de su desarrollo. En un sentido social lo presentado aquí pretende contribuir a la generación de conocimiento especializado y la elaboración de prótesis.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bunge, M. (2011). *Las ciencias sociales en discusión*. Ed. Sudamericana.
- Cailliet, R. (2006). *Anatomía funcional: Biomecánica*. Ed. Marbán.
- Kantor, J. (1958). *Interbehavioral Psychology: a sample of scientific system construction*. Ed. The Principia Press.
- Ribes, E. y López, F. (1985). *Teoría de la Conducta: un análisis de campo y paramétrico*. Ed. Trillas.
- Ribes, E. (1990). *Psicología general*. Ed. Trillas.
- Ribes, E. (1990b). *Psicología y salud: un análisis conceptual*. Ed. Martínez Roca,
- Ribes, E. (2009). Reflexiones sobre la aplicación del conocimiento psicológico: qué aplicar o cómo aplicar. *Revista Mexicana de Análisis de la Conducta*, 35 (1) 3-17.
- Schneck, D. (2000). *Biomechanics: The Biomedical Engineering Handbook*. Ed. Joseph D. Bronzino.
- Vargas, J. (2002). Tecnología psicológica: el momento de la transición, *Revista Electrónica de Psicología Iztacala*. 5 (2).
- Vargas, J. (2008). Tecnología psicológica: Intervención Interconductual (II), *Revista Electrónica de Psicología Iztacala*. 11 (1) 1-9.