

1.-Introducción:

Manifiesta la *National Foundation of Science* de los Estados Unidos de América, que la humanidad en el actual siglo 21 está en una posición especial. El conocimiento sobre el cerebro esta pasando por un momento de cambio revolucionario, debido a los tipos de preguntas y de respuestas que pueden hacerse y lograrse respectivamente (Wood, 2006). Los cambios fundamentales que se incluyen son:

- 1.-el alcance de las investigaciones experimentales: la posibilidad de medir la estructura, la química, y la actividad del cerebro simultáneamente, en muchas situaciones con alta especificidad y resolución espacio-temporal.
- 2.-el carácter de comprensión teórica: en lugar de formular estudios top down o botton up por separado, se están desarrollando modelos y teorías, que hacen posible formular modelos multibalanceados, es decir comprensivos entre ambas posturas, lo cual incluye una dinámica pertinente formulada dentro de un equilibrio espacial y temporal diferente.
- 3.- las maneras en las que el conocimiento puede usarse: aplicaciones para el surgimiento multi, inter y/o trans disciplinario. El conocimiento sobre el cerebro es abundante: existen simulaciones nerviosas de gran potencia explicativa, robots y otros diseños como sistemas que imitan a los seres biológicos, y las interfaces del cerebro computadora que habilitan la comunicación bidireccional para la próxima generación.

Todo ello se resume en un esfuerzo de convergencia, entre diferentes ramas de investigación científica, que se denomina Tecnologías Convergentes (T.C.) que incluyen a la **Nanotecnología, Ciencias de la Computación o Informática, Biotecnología, y Ciencias Cognitivas** (Roco & Sims Bainbridge, 2002). La Nanotecnología es toda tecnología que

trabaja en dimensiones nanométrica (10 elevado a la - 9 metros). Se divide en seca (dry) y húmeda (wet). La primera utiliza átomos para construir determinadas estructuras o llevar a cabo determinadas funciones. La segunda se propone intervenir en los seres vivos, de allí el concepto de cerebro como wetware (del inglés wet = húmedo) como sinónimo de hardware dentro de la Ciencia de la Computación. La Informática incluye el uso de las computadoras como auxiliar en tareas humanas, mientras que la Biotecnología se refiere a los conceptos médicos, genéticos, etc. que pueden ser utilizados para mejorar la vida. Las Ciencias Cognitivas se relacionan con todo el conocimientos actual de la mente- cerebro humana. Por todo esto, estas tecnologías aplicadas sinérgicamente promueven un mejor desempeño de las actividades humanas. Los objetivos que plantean son un cambio dentro de la educación y lograr una mejor calidad de vida (Roco & Sims Bainbridge, 2002).

Esta tesis presenta un experimento en relación a las T.C. Teniendo en cuenta el marco conceptual correspondiente, tratará sobre el tema denominado Interface¹ Mente

¹ El Diccionario de la Real Academia define a la Interface: como 'interfaz', que proviene del inglés y que significa superficie de contacto, que su género es femenino, y que se usa en la electrónica, como: 'Zona de comunicación de un sistema sobre otro'.

El Webster Dictionary brinda en cambio, una semántica más generosa, Interface es:

- 1.- una superficie considerada como el límite común entre dos cuerpos o espacios.
- 2.- los hechos problemas, consideraciones, teorías, prácticas, etc. Compartidas por dos o más disciplinas, procedimientos o campos de estudio: *la interfaz entre la química y la física*.
- 3.- un límite o interconexión común entre sistemas, equipos, conceptos o seres humanos.
- 4.-tecnología computacional. (a) un equipo o los programas diseñados para comunicar información de un sistema de ingenios o programas computacionales a otro. (b) cualquier arreglo hecho para tal comunicación.

Este trabajo de tesis utilizará el término inglés Interface para hacer mención al sistema IMCM.

Cerebro Máquina (en adelante IMCM). Este último se lo clasifica dentro de la rama de investigación que pertenece a la disciplina Interface Humano Máquina o Interacción Humano Computadora (IHC).

Dentro de la *Association for Computer Machinery* (Baecker, Heckel & Perlman, 2006) existe un grupo que realiza estudios sobre la IHC, que se denomina SIC-CHI, *Special Interest Group in Computer Human Interaction*, el que define a la Interacción Hombre Máquina como:

“la disciplina relacionada con el diseño, evaluación e implementación de sistemas informáticos interactivos para el uso de seres humanos, como asimismo, con el estudio de los fenómenos más importantes que se producen de tal interacción.”

Por otra parte, Vidal (1973, 1977) introdujo el término Interface Cerebro Máquina, el cual lo definió como a cualquier sistema computarizado que involucra información obtenida a partir del funcionamiento del cerebro. El sistema ejecuta la bioseñal electrofisiológica del cerebro humano que constituye **la intención** del sujeto, de allí que esta tesis agrega al término Interface Cerebro Máquina el concepto de **Mente** de la Psicología Cognitiva, por lo tanto, propone el término de **Interface Mente-Cerebro Máquina (IMCM)**.

Posteriormente, Kennedy (2006), Müller, Krauledat, Dornhege, Curio y Blankertz (2004) con Wolpaw, Birbaumer, McFarland, Pfurtscheller y Vaughan (2002) definieron el término Interface Cerebro Máquina como un sistema de comunicación o control que emplea la actividad eléctrica del cerebro (bioseñal). Este sistema representa mensajes u órdenes que un individuo envía al mundo externo, los cuales no utilizan las rutas normales de salida

del cerebro (los nervios periféricos y los músculos del sujeto), sino un sistema artificial denominado Electroencefalografía (EEG). Las ondas registradas por EEG se convierten por un procedimiento electrónico en información digital y se envían a una máquina para realizar una tarea. Asimismo, la actividad bioeléctrica cerebral puede ser utilizada para dar respuestas simples, mensajes u órdenes que controlen una computadora u otro aparato, entre ellos los que procesan palabras y expresan frases. Asimismo, un sujeto con impedimentos motores graves puede aumentar la interacción con el medio (por ejemplo, mover una silla de ruedas sin usar las manos). También los sujetos sanos pueden manejar una nave espacial (Vidal, 1973) etc.

Por lo tanto, una nueva definición más abarcadora de la IMCM incluye no sólo a la computadora sino también a otros dispositivos (por ejemplo, silla de ruedas, una neuroprótesis, etc) correlacionados con la intención humana, que no depende de las rutas cerebrales normales de salida de los nervios periféricos y músculos, ya que utiliza la Electroencefalografía (Wolpaw, Birbaumer, McFarland, Pfurtscheller & Vaughan, 2002). La IMCM es un sistema y, como tal, involucra partes que interactúan. En primer lugar, se registran las ondas electroencefalográficas del cerebro de una persona; a partir de allí, una máquina o computadora produce las siguientes acciones: preprocesamiento, estimación de las características y luego clasificación de las características de las ondas electroencefalográficas. Las ondas cerebrales del sujeto en este sistema se expresan como la intencionalidad de producir trabajo. Dicha intencionalidad se la refleja una tarea cognitiva o mental, se halla implicada en un algoritmo que se denomina de formación. Este último está conformado por el algoritmo biológico, neuroeléctrico y cognitivo, el cual será explicado oportunamente. Una tarea mental o cognitiva será por ejemplo, mover el cursor de la pantalla de la computadora. Ello genera un input en el sistema y la salida de información de la máquina (output) produce una

retroalimentación o feedback en la persona que está conectada al sistema IMCM. (Ver Figura 1)

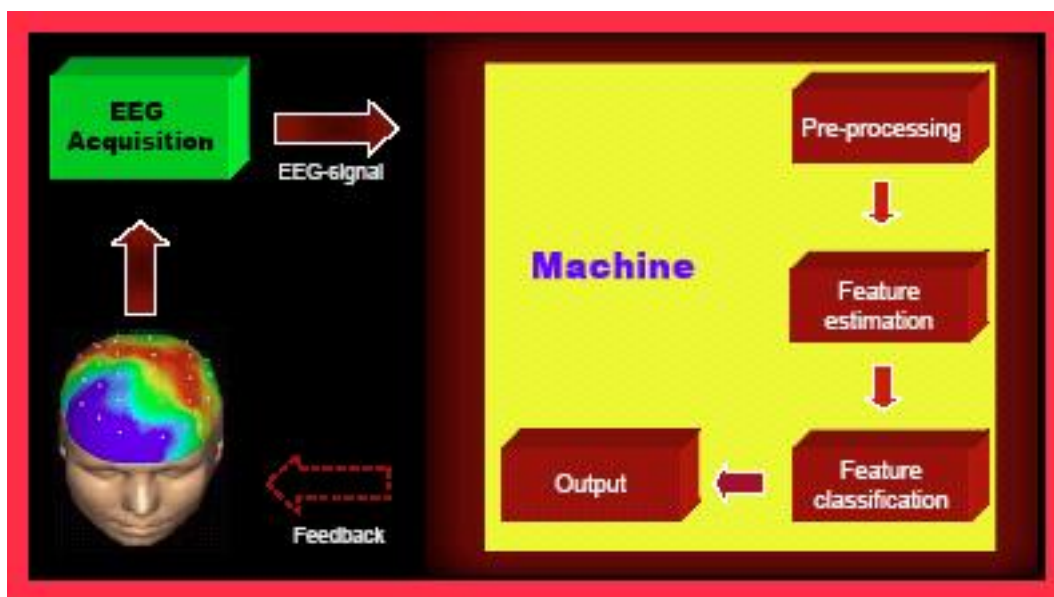


Figura 1. Diagrama del sistema IMCM.

(Traducción: EEG Acquisition = Adquisición del EEG, EEG- Signal = Señal del EEG, Pre-processing = Pre-procesamiento, Feature estimation = Estimación de las Características, Feature classification = Clasificación de las Características, Output = Salida y Feedback = Retroalimentación. Machine = Máquina.)

Swiss Federal Institute of Technology – EPFL CH-1015 Lausanne Switzerland
(Tomado de Ebrahimi, Vesin & Gary Garcia, 2003).

En esta tesis se utiliza con frecuencia los términos intención, representación, símbolo, proceso consciente, proceso automático o no consciente, interacción e interface. Por **intención** se entiende en primer lugar que las representaciones perceptuales o reproductivas (producidas en el cerebro posterior o posrolándico) están intencionadas por la naturaleza humana, ejemplo de ello lo encontramos en las ilusiones estudiadas por la Psicología Gestáltica; es decir, planteamos un continente (innato) que produce contenidos por medio de símbolos. Dichos símbolos son circuitos neuronales implicados en los respectivos módulos.

Esto delimita el concepto de sincronización neuronal que se expone en el ítem Discusión del Capítulo 3. Por otra parte las representaciones interpretativas son producto de la intención que se produce en la Corteza Prefrontal (CPF) (Haynes, Sakai, Rees, Gilbert, Frith & Passingham, 2007). Por esto definimos **intención** como un concepto dentro de la conciencia de la mente-cerebro que produce causación determinística (Ver páginas 86 y 87). Si la causa es distinta al efecto, la mente podría ser una “cosa distinta” del cerebro, lo cual refiere al concepto dualista cartesiano. Para esta tesis la mente-cerebro está formada por módulos los cuales pueden producir causación determinística siendo diferentes al efecto total que producen en la mente-cerebro. Ejemplo de esto último se verá en el capítulo 3 cuando los participantes del grupo experimental con su intención manipularon la actividad bioeléctrica de su mente-cerebro (ritmo alfa, que es un proceso automático o no consciente). Por proceso consciente se entiende a una actividad de carácter constructivo. En esta última se halla implicado el concepto de intención antes expuesto. El carácter constructivo es referido al pasaje de la actividad analógica a digital por parte de la CPF (tema clave del modelo que se plantea en el capítulo 4, Análisis Teórico). Mientras que los procesos automáticos o no conscientes son todas aquellas actividades de la mente-cerebro que vienen implementadas en la naturaleza humana (ejemplo el ritmo alfa en la zona occipital del cerebro humano). Los **procesos conscientes** como **no conscientes** se programan por el concepto de **Firmware** que es un preprograma (híbrido entre software y hardware) que posibilita entender como se implementa la mente-cerebro. Los problemas planteados por Froufé (1997) referidos a procesos conscientes y no conscientes relacionados a el índice directo y el índice indirecto, dentro del paradigma de la cognición sin conciencia, tienen un valor descriptivo. La **conciencia** (ver página 66), al igual que la mente-cerebro, para esta tesis es modular y relacionada a los procesos conscientes. Entre los procesos conscientes y no conscientes hay

un continuo, difícil de determinar, pero se considera existente por la idea conceptual del Firmware como implementación de la mente-cerebro dado en el desarrollo y crecimiento humano. La **diferencia** entre **interacción e interface** es la siguiente: primero, el concepto de Interacción es muy amplio, mientras que el de Interface es más restringido. Por esto se plantea que una persona interacciona con una máquina por medio de una interface. La interacción de la acción de una persona con una computadora o máquina que realiza un trabajo, se hace por medio de una interface que es la superficie de contacto entre la persona y la máquina. Esta superficie de contacto puede estar a nivel de software o del hardware. Ejemplos de interface existen por doquier en nuestra vida cotidiana, por ejemplo: la manija de una puerta, el pedal de la bicicleta, el volante de un automóvil, teclas de un teléfono móvil. En el nivel conceptual de la Ciencia de la Computación, la interface se la divide en hardware y en software. Ejemplo de interfaces del tipo hardware son las teclas del teclado, el mouse o ratón, las pantallas táctiles, etc. (es decir, superficies de contacto). Las interfaces del tipo software hacen referencia a todos los programas que permiten la interacción entre el Sistema Operativo, la máquina y las tareas que requiera el usuario (es decir, superficie de contacto a nivel del software). Además a las interfaces se las estudia desde el punto de vista cualitativo, cuantitativo y a nivel tecnológico, conceptos que exceden a esta tesis. De este modo los electrodos conectados a un electroencefalógrafo que registran las ondas del cerebro (o wetware) son una **Interface** humana. Estas ondas son utilizadas por un **Conversor Analógico Digital (CAD**, es decir, un dispositivo de **hardware como interface**) que las transforma en señales útiles (por medio de un programa o **software como interface**) para poder realizar una **interacción** con la computadora. Por ejemplo, de esta manera se puede mover el cursor (flecha) de la pantalla, sin utilizar el ratón. Como se ha mencionado anteriormente, esta tesis trata sobre la interacción dentro de un sistema IMCM. Por Interacción me refiero al uso de

las tareas cognitivas o mentales que realiza un participante y su relación con la tarea física que realiza una computadora (o cualquier dispositivo, tal como se explicó con anterioridad). Concepto que se forma de la explicación por medio de un algoritmo de formación, compuesto por el biológico, neuroeléctrico y el cognitivo. Si se atiende a los ejes espaciales, se dice que el algoritmo biológico pertenece al eje de la X, el neuroeléctrico al eje Y, el algoritmo cognitivo al eje de la Z, todos los cuales se desarrollan en el tiempo (real o del reloj y subjetivo del participante). La IMCM que investigué es la que ocurre a través del registro de las ondas electroencefalográficas de los voluntarios. Estas ondas son las que se obtienen con un electroencefalógrafo y pueden constituir una interface cuando se las conectan con un segundo aparato o máquina que realice un trabajo.

La aplicación práctica de todas estas investigaciones aporta múltiples beneficios. La interacción entre el ser humano y la máquina produce soluciones a problemas de la vida cotidiana de personas que padecen algunas enfermedades motoras muy discapacitantes. Por ejemplo, el físico británico Stephen Hawking padece Esclerosis Lateral Amiotrófica (con grandes impedimentos motores que incluyen el habla), utiliza como interface una computadora y un sintetizador de voz electrónico. Del mismo modo ya se han implementado otros programas e interfaces para sujetos con síndrome de encarcelamiento (o locked-in syndrome), que han permitido llevar a estas personas una mejor calidad de vida (Kennedy, 2006). Otros ejemplos son las neuroprótesis que posibilitan una tenue visión a ciegos, como por ejemplo, ArgusTM II Retinal Prosthesis System (Doheny Eye Institute, University of Southern California) sistema que consiste en 16 electrodos que se implantan en la retina del paciente conectados a una cámara de video (Humayun, 2006). Como asimismo, neuroprótesis

que provocan una buena audición a sordos (Shwartzman, 2007) y las prótesis extracorpóreas de uso diario en pacientes tetraplégicos o personas sanas (Sankai, 2007).

Los beneficios de esta investigación posibilitaría su aplicación en la industria del transporte (por ejemplo, un dispositivo podría comunicar a un conductor que se está quedando dormido), la mejora de calidad de vida de discapacitados (por ejemplo, un dispositivo podría permitir a pacientes con distrofia muscular navegar por Internet, jugar en la computadora, etc.) y la realización de tratamientos psicológicos, psicopedagógicos y biomédicos.

Por otra parte, este trabajo de tesis atiende 5 postulados fundamentales para la Ciencias Cognitivas. Estos postulados son una elaboración propia, teniendo en cuenta algunos aspectos del enfoque de Pinker (2003): 1ro.- el mundo mental se asienta en el mundo físico mediante los conceptos de información, computación, retroalimentación (procesamiento en serie) y anteroalimentación (procesamiento en paralelo); 2do.- la mente-cerebro humana está en relación a estructuras innatas que completan su crecimiento y desarrollo después del nacimiento; 3ro.- como consecuencia del punto anterior, postulo la existencia de estructuras, funciones y acciones básicas (innatas). Las acciones relacionadas con la conducta del individuo, pueden darse de manera infinita por medio de unos programas finitos de la mente-cerebro; 4to.- bajo la variabilidad superficial de las culturas existen unos mecanismos universales en la mente-cerebro; y 5to.- la mente-cerebro es un sistema complejo, compuesto por partes que interactúan. En este trabajo dichas partes son denominadas módulos. Los módulos están definidos por la actividad bioeléctrica del conjunto de un grupo de neuronas y presentan un componente genético particular. Los módulos están determinados por la genética propia del individuo y por la velocidad genética. La velocidad genética implica la diferencia de tiempos para la ejecución de un proceso modular que permite a la mente-cerebro

interactuar con otros módulos o partes de la misma (sincronización). De este modo, se hace referencia a que la mente-cerebro funciona como un sistema de módulos computacionales generativos universales, referidos tanto al wetware o cerebro como al software implicados en ellos, reunidos por una red neuronal que les permite interactuar entre sí. Por todo ello se plantea el concepto de Firmware* que este trabajo desarrollará ampliamente. Pinker (2003)² dice que: “Los seres humanos se comportan flexiblemente porque están programados: sus mentes están equipadas con el software combinatorio que puede generar un conjunto ilimitado de pensamientos y conductas”.

Todos los conceptos aplicados para la comprensión del sistema IMCM derivados de la Ciencia de la Computación, la Psicología Cognitiva, la Neuropsicología, Neurociencia y la Neurofisiología, dentro del marco de las T.C., llevan a que se formule un algoritmo de formación en el que se encuentran el algoritmo biológico, neuroeléctrico y el cognitivo.

Atendiendo los conceptos anteriormente expuestos, el presente trabajo se organiza de la siguiente manera: en el Capítulo 2, se realiza una revisión bibliográfica, a partir de la cual se presentará dos clasificaciones, una referida al concepto de Interface y la otra referente a la Interacción. Ello produce una tercera clasificación final, de tipo cualitativa, sobre el sistema IMCM. En el Capítulo 3 se presentan dos experimentos, que utilizaron un sistema IMCM no invasivo, activo, independiente, sincrónico y no metabólico. Finalmente en el

^{2*} La velocidad genética está relacionada en última instancia con el metabolismo celular de la neurona; es decir, con la utilización de la glucosa o glicosa (azúcar de 6 átomos de carbono unidos por energía que proviene del Sol). El sistema nervioso, se calcula que consume 120 gramos de glucosa al día, en consecuencia aprovecha la energía solar que proviene de cada molécula de glucosa para realizar trabajo (Lehninger, 1986). Ver nota 5 pie de página 56.

[?] Pinker es un autor que defiende la Teoría Computacional de la Mente, pero esta tesis se enmarca dentro de la Analogía o Metáfora del Ordenador, para mayor detalle ver Capítulo 4 punto 4.2.

Capítulo 4, se desarrolla un análisis teórico que presenta una nueva manera de encarar la comprensión de la mente-cerebro.

CAPITULO 2 .- Revisión Bibliográfica:

En la Introducción se ha comentado en forma general el marco conceptual, los rasgos generales y el objetivo del sistema IMCM. Se delimitaron dos conceptos claves: Interacción e Interface, los cuales refieren a que los usuarios del sistema IMCM interactúan con las máquinas a través de una interface.

En el presente Capítulo se realiza una revisión bibliográfica, la cual expone el estado del arte en la investigación del sistema arriba mencionado. Se presentan dos clasificaciones: una de interface y otra sobre interacción, para finalmente poder clasificar de forma cualitativa el sistema IMCM, lo que permitirá dar una mejor comprensión del tema que se trata.

Como se mencionó en la Introducción, el concepto de Interface es el de una superficie de contacto, por medio de la cual se puede realizar un trabajo. Es un concepto que permite la comunicación entre la máquina y un usuario. Debido a que no existe una referencia bibliográfica que contenga toda la información referida a las interfaces, se han realizado dos clasificaciones, una correspondiente a las características que pueden poseer las interfaces y otra relacionada con el concepto de interacción. Estas dos clasificaciones aportan toda la información que se haya dispersa en múltiples investigaciones. A continuación paso a describir las clasificaciones correspondientes.

2.1.-Clasificación de interfaces:

La clasificación toma en cuenta los siguientes puntos: la estructura, la aplicación práctica, el grado de invasividad, la finalidad, el tipo de interacción, el modo de procesamiento de la información y el contexto de la interface.

2.1.a.- Según la estructura:

a.1.) **microestructural:** actividad bioeléctrica o biofísica, a nivel neuronal.

a.2) **macroestructural:** actividad bioeléctrica o biofísica de grandes áreas cerebrales que conforman módulos cognitivos (Fodor, 1985; y Chomsky, 1976). Por ejemplo, el módulo de la percepción visual estaría conformado mayormente por el lóbulo occipital (áreas 17, 18 y 19 de Brodmann). Lingüística, Emocional, de las Funciones Ejecutivas, etc.

2.1.b.- Según su aplicación práctica:

b.1) para **personas sanas:** manejo de máquinas como, por ejemplo, una computadora, robots, naves aéreas.

b. 2) para **personas enfermas o minusválidas:** manejo de prótesis robótica, tratamientos terapéutica para trastornos psicológicos en general como los neurobiofeedback, manejo de silla de ruedas, manejo de computadoras, etc.

2.1.c.- Según el grado de invasividad:

c.1) **Invasivas:** chips intracerebrales con o sin telemetría, chips intradérmicos, implantes de electrodos, etc.

c.2) **No invasivas:** lectura transdérmica de dispositivo fijo por medio de lectura a través de un electroencefalógrafo o electromiógrafo, o la Topología Óptica que utiliza el espectro infrarrojo neuronal, entre otros.

2.1.d.- Según su finalidad:

d.1): **Laborales, Industriales, Médicas, Comunicaciones, Militares, Judiciales, etc**

d.2): **Recreativas y Artísticas**

2.1.e.- Según la interacción humano-máquina:

e.1): **De uso externo:** interacción con el sistema

e.2): **De uso interno:** de inclusión en el sistema

2.1.f.- Según el modo de entrada de la información:

f.1): **Unimodales:** voz, gestos, visión, ondas electroencefalográficas, etc.

f.2): **Multimodales:** Incluye dos o más modalidades como voz y gestos

2.1.g.- Según el contexto:

g.1): **realidad cotidiana**

g.2): **realidad virtual**

g.3): **realidad aumentada**

g.4.): **realidad ubicua**

g.5): **Tridimensionalidad -imágenes por láser- flotantes**

Como el concepto de interface se encuentra comprendido dentro de las investigaciones referidas a la Interacción Humano Máquina, esta tesis clasifica a las interacciones en dos tipos: interacciones en las que el usuario que interactúa con el sistema es un agente externo, e intracciones en las que el usuario es un agente interno. El usuario es agente externo cuando el mismo hace uso de acciones motoras propias de su cuerpo, tales como las manos, movimientos de ojos, gestos; es decir, utiliza el sistema por los medios físicos relacionados con su propio cuerpo, (por ejemplo, voz, el oído, el tacto, y lo motriz). El usuario es agente interno, cuando utiliza al sistema sólo por medio de su intención, sin la utilización de su cuerpo, como en el ejemplo anterior.

Las ramas de la investigación actual sobre la Interacción Humano Máquina, exceden la propuesta investigativa de esta tesis, no obstante ello se las enumera a continuación:

- 1.-Accesibilidad de la información, 2.-Adaptatibilidad, 3.-Bellas artes e interacción, 4.-Bibliotecas digitales y libros electrónicos, 5.-Comercio electrónico e interacción, 6.-Computación ubicua o pervasiva, 7.-Desarrollo de interfaces basadas en modelos, 8.- Dispositivos de interacción, 9.-Ergonomía (Factores humanos), 10.-Evaluación de sistemas interactivos, 11.-Experiencias en la empresa, 12.-Herramientas para el desarrollo de interfaces de usuario, 13.-Hipermidia y web, 14.- Inteligencia ambiental, 15.- Interacción en el hogar (Domótica), 16.- Interacción para personas con discapacidad, 17.- Interacción persona-máquina, 18.- Interacción persona-ordenador-persona, 19.- Interacción, aprendizaje y enseñanza, 20.- Interfaces en lenguaje natural, 21.- Interfaces inteligentes, 22.- Metodologías para el estudio de la interacción, 23.- Modelado del usuario, 24.- Multimedia, 25.- Realidad

virtual y aumentada, 26.- Sistemas para la colaboración (CSCW/CSCL), 27.- Sistemas interactivos y multimodales, 28.- Sistemas sensibles al contexto, 29.- Usabilidad, 30.- Visualización de la información, 31.- Web semántica.

Por todo ello, esta revisión bibliográfica asume que se deben conocer las interacciones desde el punto de vista humano-máquina y desde el punto de vista de la interacción mente-cerebro máquina. Esta última determinará la clasificación final del sistema IMCM (ver punto 2.4. Clasificación de los sistemas IMCM) (ver página 7 para una explicación de la diferencia entre interacción e interface).

2.2.- El usuario como agente externo: Interacción Humano-Máquina.

El objetivo principal del área de Interacción Humano-Computadora es el desarrollo de interfaces capaces de adaptarse al usuario y sus necesidades. Existen varios enfoques tales como: análisis centrado en el usuario y centrado en el uso o la tarea, por lo que se pueden diseñar sistemas que contemplen sus objetivos primordiales (Balbo & Lindley, 1997; Domínguez, 2003), (ver punto **b.1.** de nuestra clasificación de interface). Hoy en día se utilizan técnicas multimodales, capaces de “observar” al usuario y comunicarse con él utilizando un lenguaje multimedia intensivo (Norman, 1998) o con interfaces “inteligentes”, que buscan modelar al usuario y su experiencia, de tal manera que puedan guiarlo de manera personalizada (Opperman, 1994; Salvendy, 1999) correspondiente a los puntos **g 2, 3 y 4** de la clasificación arriba mencionada.

Por otra parte los buenos diseños de la interface de comunicación especializada, apoyada en las nuevas tecnologías de interacción humano computadora, permiten que per-

sonas con discapacidad visual total o parcial, puedan desarrollar mejor sus habilidades de comunicación e integración, ya sea social como laboral en la sociedad actual (ver punto **b, c 2 y f** de la clasificación interfaces). Cuando la ceguera es total, el oído y el tacto pasan a ser los principales canales en la recepción de la información, mientras que para las personas con deficiencia visual el resto de visión que poseen es un recurso más a utilizar, de modo que se puede utilizar una interface lingüística es decir un convertidor de texto voz para satisfacer las actividades del usuario (Llisteri, 2004; Guerra, 2006).

Dentro del paradigma interactivo actual de la Informática podemos encontrar a la computadora de mesa o computadora personal, la realidad virtual, la computación ubicua (para ver una explicación ver Weiser, 1995), y la realidad aumentada. Esta última, por medio de una interface permite superponer al entorno real la información (realidad virtual) que nos interesa visualizar. La realidad aumentada fue desarrollada conjuntamente por el Halden Virtual Reality Centre de Noruega, la Escuela de Arquitectura de Oslo y la Universidad japonesa de Kyoto.

Se conocen otros tipos de interfaces interactivas entre el hombre y la máquina como el software denominado "agente móvil". Este software permite a los astronautas comunicarse directamente con una computadora en pleno espacio para la resolución de problemas, de modo que se evita la comunicación a la base terrestre (Clancey, 2005). Asimismo, el robot es un instrumento para ayudar a los humanos a hacer descubrimientos científicos. El robot cumple el rol de una herramienta científica, dado que se proyecta su uso con los astronautas en diferentes tierras planetarias y en el espacio exterior (Clancey, 2005). Por ejemplo, la N.A.S.A ha realizado estudios geológicos con los robots Rover denominados Spirit y Opportunity en el planeta Marte (Alexander, 2006; Arvidson, 2006; Squyres 2004). (ver punto **e y d1** de la clasificación de interface).

The Intelligent Spacecraft Interface Systems (ISIS) es un laboratorio de la N.A.S.A. que estudia interfaces en sistemas aeroespaciales. Uno de los temas que estudia es el desarrollo y validación de conceptos operacionales para el manejo cooperativo de fallas. Para ello, toma en cuenta los factores humanos y los desafíos que incluyen a los sistemas humanos dentro del diseño de interfaces, por ejemplo, determinar qué tareas deben ser controladas por la tripulación y cuáles por el sistema computacional, especificar el cambio en asignación de las tareas durante diferentes fases del vuelo, y desarrollar apropiadamente la interface humano-máquina para que así, humanos y computadoras, se asistan mutuamente, en lugar de confundirse el uno con el otro.

Otras interfaces son las que han estudiado McKay y Wardhan (2002), quienes han desarrollaron un sistema llamado Dasher dirigido por un rastreador de movimientos oculares (*Eye-tracker-driven Dasher*). Este sistema usa dos emisores de infrarrojos, que se reflejan en las pupilas, y una cámara que recoge los rayos reflejados para conocer la dirección en la que los ojos están mirando. Utiliza un programa llamado Dasher que es una interface para la interacción con la computadora que maneja entrada y salidas de información, a través de los gestos continuos de los ojos. Esta máquina le permite a un usuario experimentado escribir un texto simplemente moviendo los ojos tan rápido como a 29 palabras por minuto, los usuarios experimentados pueden escribir a 39 palabras por minuto (Ward & MacKay, 2002) (ver punto **e. 1** y **f** de la clasificación de interfaces).

2.3.- El usuario como agente interno: Interacción Mente-Cerebro Máquina.

En esta nueva rama de investigación se han desarrollado estudios con **animales** (Anderson, 2002; Chapin, 1999; Nicolelis, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005; Talwar,

2002), con **insectos** (Hertz, 2006; Takeuchi & Shimoyama, 2004) y con **seres humanos** (Brown, Hochberg, Cudkowicz & Krivickas, 2006; Kennedy, 2006; Lemm, Blankertz, Curio & Müller, 2004; Wolpaw et al., 2000). A continuación se explica a cada una de ellas.

2.1.2.1.- Interacción Mente-Cerebro Máquina en Animales y en Insectos.

Georgopoulos (1993) estableció que las neuronas de la región cortical motora se activan algunos milisegundos antes de la ejecución de un movimiento. Encontró que la magnitud de la respuesta de las neuronas varía según la dirección del movimiento y que esas respuestas son mejor estudiadas cuando el movimiento se efectúa en una cierta dirección (dirección preferencial). Georgopoulos reconstruyó la respuesta de la población sumando vectorialmente las respuestas de muchas neuronas individuales a un movimiento estereotipado. De esta manera, encontró que la representación cortical del movimiento que se va a ejecutar es semejante al movimiento que va a ocurrir, por lo que antes de la ejecución del movimiento voluntario hay una representación cortical bastante fiel de dicho movimiento.

Varios investigadores han tenido en cuenta la modularidad de la mente-cerebro, es decir, los sistemas neurales que poseen una actividad coordinada de gran número de neuronas, para el procesamiento de la información y aplicaron la tecnología informática en estudios con animales. Por ejemplo, utilizando registros electroencefalográficos ensamblados de electrodos intracraneales en monos, Anderson (2002) demostró que los parámetros motores de la actividad neuronal se utilizan en tiempo real y permiten controlar una máquina en interface cerebral. Asimismo, Nicolelis (2005) implementó un IMCM en el cual el registro de la actividad cortical ensamblada del cerebro de primates no humanos (monos lechuza), controlaba directamente los movimientos de alcanzar y tomar objetos desempeñados por un bra-

zo robótico. La habilidad de los monos en operar el IMCM mejoró con el entrenamiento, acompañado por los cambios en la sincronización direccional de las neuronas. Estos trabajos con electrodos intracerebrales (invasivos), determinaron que los monos pueden aprender a controlar directamente los movimientos de un impulsador artificial o brazo robótico, utilizando una máquina de interface cerebral dirigida por la actividad de un grupo de neuronas corticales. Este investigador consiguió registrar la actividad eléctrica de unas 100 neuronas con microelectrodos implantados en las áreas motoras del cerebro del animal, al mismo tiempo que éste ejecutaba una acción. Estos microelectrodos que registraban la actividad bioeléctrica que desarrolla esta zona y la señal desarrollada era conducida y transmitida a una computadora que, a su vez, transmitía las señales correspondientes para mover un **brazo robótico** que reemplaza al brazo del mono. De esta manera, el mono conscientemente controlaba el brazo robótico usando sólo las señales de su cerebro, y parecía “asimilar” el brazo robótico como si fuera propio (ver Figura 2).

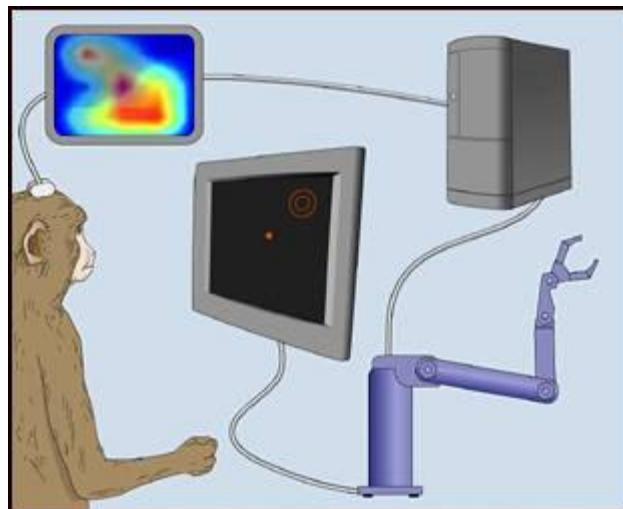


Figura 2: El sistema IMCM en animales. Duke University. Tomado de la URL: <http://www.dukemednews.duke.edu>

Nicolelis (2004, 2005) realizó registros electroencefalográficos y, por un procedimiento computacional, transformó dichas ondas en mapeo de campos espectrales (BEAM) (Ver Figura 2), con los que se pueden ver los cambios eléctricos del cerebro en forma dinámica de acuerdo a los grupos de neuronas que se activan en ese mismo tiempo.

Por otra parte, Talwar (2002) registró de manera simultánea un grupo de neuronas en una rata que exploraba un laberinto. Las neuronas observadas tienen la facultad de activarse cuando la rata pasa por un sitio bastante preciso, de tal manera que observó cuales neuronas se activaban cuando los bigotes del roedor enviaban información táctil desde las paredes del laberinto y cuáles no de modo preciso. Todo esto le permitió conocer los movimientos eléctricos de las neuronas táctiles y los centros de gratificación neural que se correlacionan con las metas del animal. Los microelectrodos implantados de manera permanente en dichas zonas, le permitió al investigador, estimular las neuronas de la rata, por telecomando o control remoto desde una Laptop. Esto permitió dirigir sus movimientos con la sensación de gratificación correspondiente.

En esta misma línea de investigación Chapin (1999) implantó en una rata, crónicamente, 16 multielectrodos en la corteza motora y 8 electrodos en el tálamo a nivel del núcleo ventrolateral, para realizar grabaciones electroencefalográficas. Este investigador tuvo en cuenta programas discriminadores para sacar el "ruido", provocado por la actividad muscular del animal. El experimento consistió en que la rata con una de sus patas accionara una palanca para tomar agua. Por medio de un entrenamiento, este animal logró mover el brazo robótico desde su cerebro, con sus ondas electroencefalográficas, sin la utilización activa de su pata. Otro trabajo reciente de Su Xuecheng (2007), por vía remota, controló el vuelo de una paloma con microelectrodos implantados en su cerebro.

Por otra parte, Takeuchi y Shimoyama (2004) implantaron quirúrgicamente a una cucaracha doméstica una mochila microrobótica, la cual poseía una microcámara. De esta manera pudieron dirigir por control remoto sus movimientos. Takeuchi y Shimoyama expresaron que los insectos pueden hacer muchas cosas que no pueden hacer los humanos, por ejemplo, son capaces de llegar a lugares recónditos, entre los restos de un terremoto, y encontrar supervivientes, ya que están teledirigidos con minicámaras portátiles. Dentro de esta línea Hertz (2006) realizó una investigación acerca del control robótico del movimiento de ese insecto. En este caso el insecto no se movía, sino que estaba en interface con un mecanismo robótico que permitía el movimiento. El objetivo de este proyecto fue crear un sistema semiinteligente en el que la cucaracha desempeñaba el papel de una Unidad Central de Procesamiento o microprocesador.

2.3.2- Interacción Mente Cerebro-Máquina en seres humanos:

Dentro de la interacción cerebro máquina en seres humanos se describirán estudios invasivos y no invasivos.

2.3.2.a.-Invasivos:

Existe una gran cantidad de personas en todo el mundo que tienen impedimentos motores severos. Estos impedimentos son tan graves que padecen una reducción casi total en su calidad de vida por depender de otras personas. Kennedy (2006) ha realizado una investigación y aplicación clínica de sistemas IMCM para pacientes con graves trastornos

motores (por ejemplo, esclerosis lateral amiotrófica, accidentes cerebro vasculares que se incluyen en el síndrome de enclaustramiento o locked-in). Dichas personas no podían moverse ni hablar. Primero construyó un neuroimplante; es decir, microelectrodos con micropipetas para realizar la interface cerebro computadora. Cada micropipeta contenía una neurohormona - el Factor de Crecimiento Neuronal -, la cual permitirá que los axones de las células nerviosas crezcan en el interior de las micropipetas. De esta manera, luego en su interior se captó la diferencia de potencial eléctrico por medio de un electrodo, que al amplificarse, llegó a 5 Voltios. Dichos electrodos fueron implantados en el área cerebral del habla o de Broca (áreas 44-45 de Brodmann en el lóbulo Frontal izquierdo, como **interface Lingüística** intracerebral- ver punto **a.2.** de la clasificación de interfaces), de modo que se capturaron los "pensamientos" que pretendía comunicar el paciente. Así se emitieron señales eléctricas simples que al estar conectadas a una interface lingüística (dispositivo), permitieron al paciente utilizar 39 fonemas. La interface resintetizaba el discurso del paciente y así se restauraba la comunicación. El primer neuroimplante de este tipo lo recibió en diciembre del año 2004 un paciente con síndrome de enclaustramiento, el que está actualmente en entrenamiento para utilizar la interface lingüística, como lo refiere Kennedy (2006) de NeuroSinal Institute, pero las investigaciones con pacientes comenzaron desde el año 1998 cuando Kennedy (neurocientífico) y Bakau (neurocirujano) trabajaban juntos en la Universidad Emory, donde realizaron el primer neuroimplante, con el cual un paciente mueve el cursor de una computadora desde su área motora cerebral, sólo con su intención.

Por otra parte, Brown, Hochberg, Cudkowicz y Krivickas (2006) han realizado otro neuroimplante para la IMCM, que ha denominado Brain Gate®Neural Interface System. Asimismo se encuentran los trabajos de Sutter (1992), los cuales toman las ondas cerebrales

por medio de un ElectroCorticograma. Su trabajo depende de los movimientos oculares y los potenciales evocados producidos por una pantalla con una grilla iluminada con diferentes colores. Asimismo, Andersen, Burdick, Musallam, Pesaran & Cham (2005) trabajaron sobre neuroprotesis aplicadas al área cerebral motora.

2.1.2.2.b.-No invasivos:

Kennedy (2006) también tiene otra línea de investigación que utiliza para restaurar la comunicación a través de una interface lingüística que resintetiza el habla y además el paciente puede conectarse a Internet por medio de las grabaciones de las ondas electroencefalográficas tomadas desde el cuero cabelludo. La mayoría de los diseños de los sistemas IMCM se basan en el monitoreo de las ondas Alfa y Mu, principalmente debido a que las personas pueden aprender a controlar su amplitud realizando tareas mentales apropiadas (Gary Garcia, Ebrahimi & Vesin, 2004). Por ejemplo, la onda Alfa puede atenuarse evocando una imagen muy estimulante y la onda Mu por medio de intento de movimiento de los dedos. El primer paciente en utilizar esta técnica padecía del síndrome de encarcelamiento, sin poder hablar por años. Ahora con esta técnica responde por sí o por no aproximadamente 10 segundos después de formulada la pregunta, pasando los test de verificación. En otra línea de investigación Müller, Curio y Blankertz (2002, 2003, 2004, 2005) realizaron una IMCM por medio de electrodos que desde el cuero cabelludo producían los registros electroencefalográficos de tareas mentales. Su objetivo era que el usuario pudiera mover el cursor de una computadora por medio de su intención, sin la utilización de las manos. Actualmente están empleando esta interface para juegos de computadora simples como el Pacman o el tele-Tennis.

Mientras que Snyder (2007) realiza sistemas por medio de la EEG no invasiva que utiliza actividades no conscientes y emocionales en la interacción con juegos electrónicos (interface Emocional e interface de las Funciones ejecutivas, Ver punto **a.2** de la clasificación de interfaces), (ver funciones ejecutivas en Capítulo 4. Análisis Teórico).

Existen otros grupos de investigación³ que exceden al contenido de esta tesis.

2.4. Clasificación de los sistemas IMCM.

Los sistemas IMCM pueden clasificarse en **dependientes** e **independientes** de acuerdo a la señal electrofisiológica que utilicen. Asimismo pueden también clasificarse de acuerdo a la tarea cognitiva o mental en **pasivos** y **activos**. Mientras que en relación al tiempo de ejecución de la tarea se los subdivide en IMCM **sincrónicos** y **asincrónicos**.

Finalmente en **metabólicos** o **no metabólicos**. Los siguientes son ejemplos de los tipos de sistema IMCM.

Los sistemas IMCM **dependientes** son aquellos que utilizan control ocular de la mirada, electromiografía o electrooculografía. Entre los sistemas de este tipo se encuentran los desarrollados por Sutter (1992). Este investigador utilizó un teclado luminoso, como interface describió que un usuario puede seleccionar un símbolo de entre 64 propuestos, en una

³ Grupos de investigación IMCM en el mundo:

- 1.- ERS/ERD Cursor Control, Universidad Tecnológica de Graz, Austria (Pfurtscheller y colaboradores),
- 2.-Flexible Brain Computer Interface (IMCM flexible) Universidad de Rochester, U.S.A. Bayliss (2001),
- 3.-Mu Wave Cursor Control (Control de cursor por ondas Mu). Wadsworth Center, Albany, U.S.A. (Wolpaw, 2004),
- 4.- P3 Character Recognition (Reconocimiento de caracteres) Illinois University , U.S.A. (Donchin & Smith, 1990),
- 5.- SSVEP BCI [(Steady State Visual Evoked Potential (SSVEP)]. Base de Fuerzas Aéreas Wright-Patterson. Laboratorio de Investigación de las Fuerzas Aéreas, U.S.A. (Middendorf y colaboradores),
- 6.-ABI (Adaptive Brain Interface) –Millan y Mourino (2003) Unión Europea,
- 7.- EPFL (Ecole Polytechnique Federale de Lausanne-Suiza). Gary Garcia Ebrahimi y Vesin (2004),
- 8.-Unión EuropeaNeil Squire Foundation. Birc. Mason y Borisoff (2003). Canada,
- 9.-Tsinghua University. Xiaorong; Dingfeng Cheng y Shangkai (2003) China,
- 10.-Helsinki University of the Technology. Laitinen (2006) y otros. Finlandia,
- 11.-Poyecto Cerebus - Lab Media Europe (European Research Partner of MIT Media)Lab. Eaton de McDarby y Burkeal de Irlanda, y muchos otros más.

grilla de 8 celdas X 8 celdas, de modo que focalizándose en uno de ellos podía tipear entre 10 y 12 palabras por minuto. Los símbolos iban cambiando de color o encendiéndose con una cierta frecuencia, lo que inducía un patrón espacio-temporal distintivo en la corteza visual del cerebro del usuario (potencial evocado). Es decir, se hizo uso de este sistema cuando un paciente gravemente impedido realizaba un movimiento ocular conjuntamente con el potencial evocado emitido y registrado. Sin embargo, este método requiere un control estable de los músculos oculares, para que se pueda correlacionar eléctricamente con el potencial evocado.

Los sistemas IMCM que no dependen de ninguna actividad muscular se definen como **Independientes**. Por ejemplo, los potenciales evocados (P300) pueden ser utilizados como interface entre el cerebro y un artefacto. La P300 es una elevación de la activación cerebral que ocurre en el lóbulo parietal 300 ms después de la aparición de un estímulo inesperado. Donchin y Smith (1990) presentaron potenciales evocados P300 como IMCM para que los participantes pudieran tipear alrededor de 5 letras por minuto. Wolpaw et al. (2000) desarrollaron un sistema IMCM que permite al usuario dirigir un cursor a través de la actividad oscilatoria del cerebro entre uno o dos de cuatro blancos posibles.

Los IMCM se denominan activos cuando el usuario activamente produce la bioseñal del EEG, como por ejemplo cuando él voluntariamente cierra los ojos con el fin de conseguir los potenciales de las ondas alfa. Mientras que los IMCM se denominan pasivos cuando las ondas cerebrales son producto de una acción externa al sujeto, por ejemplo el destello de luz que se relaciona a los potenciales evocados visuales. Teniendo en cuenta los tiempos de ejecución de las tareas mentales los sistemas IMCM activos son sincrónicos y los pasivos son asincrónicos. Es decir, los sistemas sincrónicos y los asincrónicos producen trabajo de manera simultánea o no respectivamente, con relación a las bioseñales que pro-

duce el usuario.

Los sistema IMCM denominados **metabólicos** utilizan la Resonancia Magnética Funcional, o la Topografía Óptica⁴. Mientras que los **no metabólicos** utilizan las ondas electroencefalográficas registradas por medio del Electroencefalógrafo o utilizando la moderna Magneto encefalografía (Laitinen, 2005).

⁴ Se localizan los Rayos Infrarrojos producidos por el metabolismo del cerebro. Recientemente inventada y desarrollada por Hitachi Medical Company

CAPITULO 3.- Experimento IMCM:

En el capítulo precedente se trató el estado del arte dentro de lo denominado sistema IMCM, se produjo una clasificación sobre las interfaces desde diferentes puntos de vista de la interacción humano máquina, como asimismo una clasificación sobre las diferentes configuraciones y funcionamientos del sistema antes enunciado.

En este Capítulo se lleva a cabo un estudio que se basa en la medición de la actividad bioeléctrica del cerebro humano (la cual se correlaciona con la intención del participante), usando una tecnología básica denominada Electroencefalografía. A través del conocimiento que aporta la formación del ritmo alfa se desarrolla un sistema IMCM. Se trabajó con un grupo de personas sanas, cuyas edades oscilan entre los dieciocho y los cincuenta años, para constituir el sistema, el cual está dentro de la categoría de la clasificación propuesta por el Capítulo 2, como un **sistema independiente, activo, sincrónico, no invasivo y no metabólico**.

A continuación se explica de donde proviene el ritmo alfa, cual es su variabilidad y frecuencia dentro de la población sana. El concepto de normalidad es un concepto complejo de describir, por ello desde el comienzo de la Electroencefalografía (EEG) se han descrito diferentes patrones de actividad eléctrica cerebral espontánea, los que tienen cierta estabilidad en los sujetos sanos. Los patrones electroencefalográficos experimentan cambios de acuerdo a la edad de las personas (Gibbs & Gibbs, 1952). Una estrategia es considerar normal a los patrones del EEG que son más estables dentro de un grupo etario (adulto joven, entre los 20 y 50 años) en condiciones de vigilia (Dvorkin, & Cardinalli, 2003; Gibbs & Gibbs, 1952; Guyton, 1972). Un EEG normal de un adulto joven y sano, en estado vigil, es la distribución topográfica de frecuencias de los llamados componentes de la actividad de base, como asimismo la simetría con que ésta se conforma en regiones homólogas de ambos hemisferios.

El ritmo alfa es uno de los rasgos más evidentes que se presentan en el 90% de los EEGs de los sujetos sanos, cada uno de ellos con un EEG normal. Este ritmo (8-12 Hz.) esta constituido por una actividad que se presenta en las áreas posteriores de ambos hemisferios y con un alto grado de simetría, las cuales tienen una actividad que es espontánea a nivel occipital, cuando se cierran los ojos. Este aspecto es esencial para el experimento presentado en la tesis. La persistencia del ritmo alfa es muy variable de un individuo a otro, dependiendo de diversas circunstancias (apertura de los ojos, aumento de la actividad mental, etc.). Se denomina índice alfa al porcentaje de tiempo en que aparece un ritmo alfa en 100 cm de registro (velocidad del papel de 30 mm. / seg.).

El otro 10% de los sujetos sanos con EEG normal, la actividad de base está siempre desincronizada sin que se presente variaciones regionales en sus características y además sin que sea modificada por factores exógenos, como asimismo sin que se organicen en ningún momento los conocidos ritmos fundamentales del EEG (una variedad fisiológica dada por la propia actividad cerebral: frecuencias altas).

El significado del ritmo alfa puede ilustrarse con la siguiente analogía, para poder explicar, que dicho ritmo, es una sincronización de la actividad de las neuronas ubicadas en el lóbulo occipital. Imaginemos que caminamos por un inseguro puente que cruza un río. Cada vez que damos un paso con el pie derecho, cierta energía, el resultado de nuestro peso sobre el puente, se trasmite a éste y lo hace oscilar en una dirección. Cuando el pie izquierdo da el paso siguiente, tenderá a mover el puente en la dirección opuesta. Al final, el puente oscilará con picos y depresiones regulares. Ahora imaginemos que formamos parte de un batallón, entonces existirán muchos soldados, es decir una tropa que debe cruzar por ese puente. Cada soldado provocará su propia pequeña onda. Si marchan todos llevando el paso, los picos y las depresiones coincidirán en el tiempo y la oscilación será grande. Las energías de cada individuo se acumularán, tanto

que los cables que sujetan el debilitado puente puede llegar a romperse. Para evitar esta catástrofe, los oficiales deben ordenar a los soldados que no lleven el paso y que crucen el puente cada uno a su ritmo. En estas condiciones, en cualquier momento el pie de unos soldados golpeará el suelo mientras otros hacen avanzar el izquierdo. Las fuerzas se sumará algebraicamente, pero el efecto de una persona anulará el de otra en vez de sumarse a éste. En conjunto, la amplitud de la oscilación será pequeña, y la frecuencia, rápida (Freides, 2002). El ejemplo nos enseña que cuando la energía de muchas unidades se producen simultáneamente, o de manera sincrónica, se generan ondas de gran amplitud. En contraposición, cuando cada elemento va a su propio ritmo, de manera no sincronizada, sólo se genera ondas de amplitud baja, porque la energía de las unidades individuales tiende a anularse, más que a sumarse, a la de los otros elementos. Recordemos ahora que el estado psicológico asociado al ritmo alfa, la onda más sincronizada, era relajado, quizás aburrido, ocioso, mientras que cuando la mente-cerebro está pensando activamente no se produce tal sincronización y aparece el ritmo denominado beta (Freides, 2002). Este cambio de ocio a actividad, de sincronía relativa a diacronía relativa, proporciona la definición de una palabra dentro de la electroencefalografía: **“activación”**. Las ondas alfa tienen un origen dado por un fenómeno denominado de reclutamiento (Guyton, 1972). En la corteza cerebral no se producen ondas alfa si no hay conexiones con el sistema reticular activador, de este modo se ve que las ondas alfa son el producto de la sincronización de muchísimas neuronas. El sistema activador o Sustancia Reticular Ascendente (SARA) es un sistema que permite el despertar y la vigilia (Posner & Metesen, 1990). Existen variaciones individuales, aunque el rasgo mas importante es que el ritmo alfa tiene una reactividad importante, es decir que desaparece, se bloquea o se desincroniza, con la apertura de los ojos. La variabilidad puede presentarse en diferentes individuos, como en el mismo individuo. Un ejemplo es la habituación, en

la cual se permanece con ritmo alfa por mecanismos colaterales de activación, que no desincronizan los hemisferios occipitales, debido al componente inespecífico que esta representado por la SARA. Además, a nivel intraindividuo puede pasar que la somnolencia revierta el ritmo, haciéndose paradójal, es decir, cuando abre los ojos se produce dicho ritmo y cuando cierra los ojos se desincroniza (Gil, Rein, & Iriarte, 2001; Godoy, & Santón, 2002). En algunos individuos la apertura y cierre continuado de sus ojos lleva a una merma de la reactividad del ritmo alfa, ni se desincroniza ni reaparece el mismo. Otro efecto es que a semejanza del reflejo de orientación, se produzca luego de un tiempo la habituación, debido a que no existen estímulos visuales “estimulantes” y por lo tanto con los ojos abiertos se produzca el ritmo alfa (Hilgard & Bower, 1975; Posner & Metersen, 1990; Pavlov, 1968) hasta que en algún momento se agote. Por otra parte, la desincronización del ritmo alfa o la disminución en su modulación también puede lograrse con estímulos auditivos muy intensos y sorprendidos y con la actividad mental, tales como cálculos, distracción por sonidos de gran intensidad, atención visual, etc, aún estando con los ojos cerrados.

La actividad alfa puede mostrar otras diferencias interindividuales, en un determinado número de personas. Es posible comprobar que el ritmo alfa que aparece justo después de cerrar los párpados, es algo más rápido que el que se observa en otras porciones de registro en reposo. Este fenómeno, que suele durar 1-3 seg., es fisiológico y se denomina compresión del ritmo alfa. En un número pequeño de sujetos normales, es posible ver fragmentos de duración variable, en los que el alfa posterior es sustituido por un ritmo armónico o sub-armónico, en general de 4-5 Hz y unos 50 μ V, adoptando un aspecto puntiagudo. Este fenómeno es también fisiológico, se denomina variante lenta del alfa, tiene una distribución y una reactividad similar y alterna o se mezcla con el ritmo alfa normal, por lo que no debe ser confundido con un ritmo anormal (Gil, Rein &

Iriarte, 2001). Por otra parte, también pueden existir ondas de 14-20 Hz en regiones posteriores, que se mezclan con el ritmo alfa normal, de similar reactividad, es la denominada variante rápida del alfa.

Otras posibles modos en los cuales se puede modificar el ritmo alfa son producto de cuestiones fisiológicas y psicofisiológicas. Por ejemplo, ciclo menstrual, aumento de la frecuencia en las fases preovulatoria y premenstrual o también una disminución en las fases postovulatoria y menstrual, temperatura corporal, aumento de frecuencia con el incremento de la temperatura, etc. (Gil, Rein, & Iriarte, 2001; Godoy; & Santón, 2002). No obstante, no existe una clara relación entre la cantidad de ritmo alfa y determinados parámetros psicológicos como la personalidad y la inteligencia. El significado fisiológico del ritmo alfa es desconocido, pero evidentemente debe estar relacionado con la función del sistema visual.

3.1.- Metodología

Este estudio utilizó las ondas alfa, para la conformación de un sistema IMCM que pueda producir trabajo, clasificado como dependiente, activo, sincrónico, no invasivo y no metabólico.

Teniendo en cuenta las implicaciones de los conceptos sobre la sincronización y el registro del ritmo alfa, resulta un desafío que siendo el estado psicológico asociado al ritmo alfa de relajado, quizás aburrido, ocioso, se pueda utilizar para producir trabajo de acuerdo a una tarea mental o cognitiva.

Dadas las implicaciones que presenta la onda alfa, en relación a la actividad del sujeto (cierre voluntario de los ojos y estado de relajación corporal, con leve actividad mental) se ha planteado el problema experimental, de si era posible realizar una tarea

cognitiva, utilizando las ondas alfa. De tal manera, que el participante, reconozca que realiza un trabajo experimental con la utilización de las ondas nombradas.

Atendiendo las consideraciones teóricas sobre el ritmo alfa, el problema considera la intención del participante en una tarea cognitiva, es decir la acción de una persona, por medio de la cual, hace uso de sus ondas electroencefalográficas alfa para realizar un trabajo con una máquina, en el denominado sistema Interface Mente Cerebro Máquina (IMCM). De este modo, el participante de la experimentación realizará una tarea cognitiva o mental para la producción de trabajo (ver página 86, Figura 7: La percepción de la señal acústica y la intención del usuario). En este experimento la tarea cognitiva es la actividad voluntaria de un sujeto cuando sabe que podrá utilizar las ondas electroencefalográficas alfa de la actividad bioeléctrica de su cerebro (las cuales representan los factores psicológicos antes citados), por medio de un electroencefalógrafo, el cual las registra por medio de electrodos desde el cuero cabelludo. En el experimento, dicha tarea cognitiva o mental implica mantener los ojos cerrados para hacer encender una luz led y provocar un sonido (un bip por segundo) por medio de un circuito integrado.

Tomando en cuenta todo lo expresado anteriormente, se ha podido comprender la formación de tres funciones o situaciones que se producen, cuando se posibilita a un participante ser conectado por electrodos a un electroencefalógrafo. Es decir, cuando el efecto final es el de formar parte de un sistema Interface Mente-Cerebro Máquina. Esas tres situaciones, funciones o actividades son: la actividad biológica, la neurofisiológica y la cognitiva propia del participante. Por lo que esta manera de comprender al sistema IMCM, plantea que la variable independiente es la manipulación de ondas alfa por medio de la retroalimentación que produce el sonido del circuito integrado (Rapid Updating, retroactividad o *neurofeedback*), es decir que el sujeto de la experimentación sabrá

que está manteniendo las ondas alfa con dicho sonido, y que el mismo sonido le aporta la evidencia de que así esta ocurriendo un proceso automático o no consciente en su mente-cerebro. Los participante no producen ondas de ritmo alfa cuando el sonido no se oye o experimenta interrupciones prolongadas en el tiempo. Además si el participante no produce las ondas citadas, no comienza ha comenzado la tarea, por que tiene abiertos sus ojos, de tal modo que tiene si recibió el tratamiento, debe procesar la información de su estado actual (relajación en vigilia mas cierre de los ojos), para así con su intencionalidad expresada por dichas ondas, realice la tarea cognitiva o mental que se ha propuesto. En consecuencia la variable dependiente es el trabajo experimental que se realiza por medio de la tarea cognitiva o mental, la cual es la producción del sonido y luz, La variable independiente es el conocimiento de que se puede encender la luz y generar un sonido.

Este trabajo propone la siguiente hipótesis:

Un participante al mantener los ojos cerrados generará ondas alfa en el lóbulo occipital del cerebro, las cuales por medio de un dispositivo generaran un sonido o luz. El sonido representa la evidencia de que está realizando un trabajo por medio de sus ondas electroencefalográficas.

De manera colateral al experimento, se ha realizado una réplica del experimento realizado por Adrian (1946) con elementos más modernos, acorde a nuestra época, el cual se desarrolló bajo el título R.exp-Adrian. Adrian (1946), utilizando la electroencefalografía, es decir conectando a los participantes por medio de electrodos en su cuero cabelludo a un electroencefalógrafo, registró sus ondas bioeléctricas. De este modo y tomando como sonido el tic tac de un reloj antiguo, solicitó a los participantes de su experimento que atendieran al mismo, mientras éste alejaba dicho sonido. Los partici-

pantes del experimento de Adrian con los ojos abiertos producían ondas de ritmo alfa, a nivel de la zona occipital, de un segundo de duración. Además Adrian para facilitar la tarea, colocaba a los participantes anteojos con alta dioptrías. En la réplica se utilizó anteojos oscuros. Se descartó que la oscuridad producida no fuese una causa de producción de ondas ritmo alfa. Es por esto que se tomaron los mismos participantes del grupo experimental y del grupo control, conformado por mujeres y hombres, entre los 18 y 50 años de edad, a los cuales se les solicitó que atendieran con los ojos abiertos al sonido bip que se producía con un instrumento electrónico, mientras que, por medio de un potenciómetro, se iba bajando el volumen. De manera que su atención voluntariamente se obligaba a escuchar dicho bip cada vez más bajo.

3.1.1.-Participantes:

Veinte saludables voluntarios con su consentimiento fueron reclutados para la realización de un experimento sobre “la mente-cerebro”. En una sala cita en la calle 49 o Hudson n° 2323 San Martín, Provincia de Buenos Aires, se llevó a cabo la experimentación correspondiente.

Todos los participantes tienen estudios secundarios completos. Además tuvieron una entrevista médica, la cual consistió en una anamnesis y semiología clínica básica, informando no tomar psicofármacos, ni haber sufrido fiebre o agotamiento físico con fiebre o cansancio recurrente (descartamos aquellos que podrían tener Síndrome de Fatiga Crónica, jóvenes de 30 años aproximadamente). Los veinte participantes de edades entre los 18 – 50 años, 10 mujeres y 10 hombres, pasaron por un sorteo al azar, a constituir dos grupos de 10 participantes cada uno, denominados, el primero grupo Experimental y el segundo grupo Control, con 5 mujeres y 5 hombres por cada grupo respectivamente.

Por ello, la muestra de 20 participantes presentó una media de 32,5 años con una desviación estandar de 11,6. El grupo experimental presentó una media de 33 años con una desviación estandar de 11,14, mientras que el grupo control una media en años de 32,1 y una desviación estandar de 12,6.

Antes de realizar el experimento se realizó un estudio electroencefalográfico para descartar patología neurológica previa, evidenciable por medio del EEG.

Los participantes desconocían lo que es la electroencefalografía teórica y el concepto de interface mente-cerebro máquina. Los resultados clínicos y neurológicos de los participantes indicaron que eran personas sanas sin antecedentes de enfermedad médica o neurológica previa alguna, que consintieron en formar parte de un experimento de modo voluntario.

La Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial referida a Recomendaciones para los Médicos que realizan investigaciones biomédicas en seres humanos (año 1964), fue atendida por el presente trabajo de investigación (artículo 5to y 10 -mo), como así también la Resolución sobre derechos humanos del año 1990.

3.1.2.- Aparato:

Este trabajo utilizó un Electroencefalógrafo de fabricación nacional marca Berger, de 8 canales, de mi propiedad, al que se modificó la salida de la potencia que da la fuerza electromotriz a una aguja inscriptora del papel del electroencefalógrafo, derivándose dicha potencia (10 volt) a través de un circuito electrónico (que consta principalmente de una llave electrónica, diodos, potenciómetro, parlante y una luz led).

Por otra parte, el electroencefalógrafo es un aparato que consta de mecanismos electrónicos por medio de los cuales se filtra toda señal que no corresponda, por ejemplo, con la medición de una determinada onda electroencefalográfica, de ese modo las

señales cardiovasculares, muscular propias del participante, como así los ruidos ambientales son técnicamente desechadas del registro. Se realizó un montaje con electrodos, que son dispositivos necesarios para la medición electroencefalográfica. Cada electrodo es un pequeño disco metálico de 5 mm de diámetro.

Los participantes no corrieron peligro alguno dado que el sistema tiene descarga a tierra y además no se utilizó ninguna fuente eléctrica adicional para la configuración del sistema Interface Mente Cerebro Máquina. Además se utilizó un cronómetro marca Okusai de origen japonés para realizar las mediciones de los tiempos correspondientes al experimento.

3.1.3.- Procedimiento:

El tiempo aproximado del experimento por participante fue de alrededor de 20 ± 10 minutos. Este tiempo incluyó la su ubicación del participante y la ejecución de dos registros de EEG. Se procedió colocando a los participantes en una camilla cómoda, los cuales fueron acostados decúbito supino (de espalda boca arriba). En la cabeza de cada participantes se colocaron los electrodos para la toma del registro que se efectuó en este experimento. Los electrodos utilizados fueron los adherentes a la superficial del cuero cabelludo. Se adhirió con pasta conductora, de ese modo quedaron fijos. Una vez colocados allí, en esa posición se les tomó un primer registro a todos los participantes. Este primer registro determinó que los participantes pertenecen al 90% de la población con registros de EEG normal, que determina que tengan un 100% de ondas alfa bilaterales y simétricas en la zona occipital.

Se aclara que todos los participantes no estaban en ayuna, pero tampoco se realizó el experimento en una situación post prandial, el horario fue fijado en una banda entre las 17:00 a 19:00 horas (ver Cardinalli, 1992).

Además los participantes nunca tuvieron contacto entre sí, de modo que se desconocían mutuamente, ni se encontraron a posteriori del experimento para comentarios sobre el mismo. Es decir, se llevó una completa reserva profesional.

Tanto los participantes del grupo control como los del experimental conocían desde el inicio que formaban parte de un experimento referido a la mente-cerebro y ambos recibieron un tratamiento.

Al grupo experimental se le informó, después del registro de prueba, sobre lo que es un sistema Interface Mente-Cerebro Máquina, de esta manera se les explicó que:

“usted va a formar parte de un experimento, por eso le colocamos los electrodos en la cabeza, ya que de esta manera lo vamos a observar.

Ud. al participar de este experimento podrá utilizar sus ondas eléctricas cerebrales, al cerrar ud. sus ojos si se mantiene relajado y tranquilo y no se duerme, tendrá la evidencia de que está produciendo trabajo experimental, con sus ondas eléctricas, dado que se producirá un sonido bip y el encendido de una luz led, la cual no podrá ver. Es lo que se llama sistema interface mente-cerebro máquina.

Esta actividad que ud. realizará podría ser igualmente utilizada para manejar un tren eléctrico, una fabrica automatizada o lo que a ud. se le pueda ocurrir, siempre que tenga los ojos cerrados y esté relajado y no se duerma.

Por eso, ud tiene que estar como en un estado antes de dormirse, tranquilo, por eso tiene que mantenerse así, tranquilo y relajado sin dormirse, con los ojos cerrados.

Conectado al EEG, se lo observará y evaluará, quedándose tranquilo y relajado podrá hacer uso de la máquina del sistema interface mente-cerebro.”

De esta manera podemos resumir que se procedió de la siguiente manera:

1.- A los participantes se les comunicó que serían conectados a un electroencefalógrafo a través de electrodos colocados en su cabeza y que serían observados, dado que formarían parte de un experimento. La duración del experimento tomó 5 minutos, los cuales fueron divididos en 5 tiempos de 1 minuto cada uno.

2.- Luego del registro de prueba se les enseñó que si cerraban sus ojos y se mantenían relajados o tranquilos, los electrodos allí colocados a nivel occipital, captarían sus ondas cerebrales, denominadas alfa, las cuales estarían representadas por un sonido bip. Que dicho sonido era producido por ellos, cuando cerraran los ojos y que escuchando dicho sonido sabrían que estaban produciendo un trabajo experimental, siempre que no se

durmieran.

3.- A los participantes se les explicó que el trabajo experimental consistía en producir el sonido y encendido de una luz led, la cual no verían, como resultado de los puntos 1 y 2.

4.- Además se les dio a conocer que la actividad explicada en los puntos anteriores podría ser utilizada como una fuente de control y de poder sobre las máquinas. Los ejemplos dados a los participantes fueron: el manejo de un tren eléctrico, o el manejo de una fábrica robotizada, además se les comentó otros posibles usos para el manejo correcto de una máquina.

La interface del sistema IMCM que utilizamos en este experimento fueron las ondas alfa, que se registraron en la zona occipital, a través de electrodos puestos en O1 y O2, de la configuración estandar internacional 10-20 (The "10-20 System" of Electrode Placement). La aparición de ondas alfa las producian que se encienda la luz y comience a producirse un sonido, por medio de un circuito integrado, el que se colocó después del primer registro (evaluación antes descripta). La aguja que imprimiría en el papel, para el registro electroencefalográfico del registro diagnóstico previo, fue retirada y por un procedimiento electrónico se utilizó la salida de la potencia eléctrica, la cual fue conducida a un circuito integrado que produce un sonido bip). Cada electrodo es un punto de registro. Se procedió a llevar un registro transversal bipolar en la zona posterior, entre el electrodo O1 y el O2, es decir que se tomaron con electrodos, de acuerdo con la norma Internacional Standard ya citada. Los dos electrodos de la pareja son activos. El sonido como así también el encendido de la luz led. se lo escucha cada vez que se produce la onda alfa. Por esto, se seleccionaron los electrodos correspondientes a los lóbulos occipitales.

Con el grupo control se procedió de la misma manera; es decir, todos los participantes sabían que formaban parte de un experimento de la "mente-cerebro". Asimismo, fueron colocados de la misma manera en una camilla cómoda para ser conectados a un electroen-

cefalógrafo por medio de electrodos colocados en su cabeza. A este grupo , además se les tomó un registro previo al igual que al grupo control. Como además se les dijo que formarían parte del experimento expresando que:

“usted va a realizar un experimento, por eso le colocamos los electrodos en la cabeza, para ver como realiza ud la actividad eléctrica de su mente-cerebro. Deberá permanecer relajado y tranquilo, no debe dormirse, tendrán que mantenerse así por 5 minutos. De esta manera lo vamos a observar, y medir su actividad eléctrica mente-cerebro con el EEG. Por eso ud tiene que estar tranquilo y relajado, como en un estado antes de dormirse, tranquilo, pero sin dormirse, por eso tiene que mantenerse así. Así conectado al EEG se lo observará y evaluará”.

Si se recuerda el tratamiento dado al grupo experimental (ver pág. 36) se puede observar que al grupo control **no** se le dijo que si cerraban los ojos podrían producir el sonido y el encendido de la luz led, comprendido dentro del trabajo experimental en la IMCM, como asimismo la utilidad de dicho sistema.

Se procedió a una toma previa y al igual que el grupo experimental se les informó que serían evaluados, como así también observados para realizar el experimento. Que la duración del experimento tomaría 5 minutos, los cuales fueron divididos en 5 tiempos de 1 minuto cada uno. De esta manera el grupo control fue colocado en decúbito supino, y en la misma comodidad y condiciones ambientales que el grupo experimental se realizaron todas las observaciones pertinentes.

Para un mejor desempeño experimental de los participantes, y para mantener el control de variables concurrentes que puedan afectar la experimentación, en primer lugar, la iluminación de la sala se la dispuso de modo que los participantes no la recibieran en forma directa por la posición: decúbito supina, asimismo existió un nivel de aislamiento sonoro y temperatura agradable de 24 ° C. Siendo en todo, una actividad técnica médica Standard, por lo que no difiere mayormente de las que se hacen en cualquier servicio técnico para la toma de un EEG de rutina.

Es pertinente establecer aclarar que, en primer lugar el ser humano normalmente parpadea de manera espontánea (la forma más común) o por reflejo y esto es necesario para la adecuada distribución de la película lagrimal. Cada persona tiene su propia frecuencia de parpadeo y esta puede variar entre 5 a 20 veces por minuto (la mayoría 15 veces por minuto) como lo establece Milder (1981), mientras que en segundo lugar, vemos que el filtro del electroencefalógrafo no capta dicho movimiento muscular, ya que electrónicamente está configurado para captar solo la onda electroencefalográfica, ejemplo el ritmo alfa.

Se realizó un segundo experimento que se denomina: R. exp- Adrian, (en las mismas condiciones descritas anteriormente), se procedió a determinar con los ojos abiertos, si era posible la producción de ondas alfa.

Con el circuito integrado conectado a un fuente directa de energía, se produjo en forma continua el sonido bip. Dicho circuito tenía integrado un potenciómetro, por medio del cual se permitía bajar y subir el volumen del sonido. De esta manera el sonido era producido, a una distancia de 1 metro del participante (el cual está en la camilla con los electrodos colocados en su cuero cabelludo y con anteojos para sol, a fin de facilitar la tarea), escuchaba el sonido bip por segundo con un volumen cuyo valor máximo era 10. La escala de volumen 1 a 10 refiere una valoración de la escucha muy baja a muy alta, por ejemplo para poder oír a un volumen 1 ó 2 se hace necesario prestar mucha atención. Dicho volumen, para realizar este experimento, se fue bajando gradualmente hasta un volumen nivel cuyo valor era de 1 o 2. Esta disminución del volumen fue atentamente seguida por cada uno de los participantes para producir así la replica experimental de Adrian, es decir la toma en el registro de una onda alfa de duración 1 seg. aproximadamente. La duración del experimento tomó 5 minutos, los cuales fueron divididos en 5 tiempos de 1 minuto cada uno.

Se procedió de la siguiente manera: cuando comenzaba cada minuto el volumen era de 10 y a los 30 segundos se procedía a ir bajando dicho volumen hasta el valor de 1 o 2, esperando que apareciese la onda alfa con los ojos abiertos. Es decir que el ritmo alfa aparece en la 2da.- mitad del minuto T y ésto se realizó de manera consecutiva 5 veces.

3.1.4.- Análisis de Datos:

Los datos han sido procesados por medio de un software de uso libre de la Universidad Vassar de Nueva York, U.S.A. Se ha utilizado: Test t para muestras dependientes, apareadas o correlacionadas, como asimismo para muestras independientes.

Tomado de la URL: <http://faculty.vassar.edu/lowry/VassarStats.html>.

Los datos del tiempo para el análisis final son en segundos para así poder comparar correctamente los datos de las tabla 1, 2 y 3.

3.2.-Resultados:

Los valores que registran la producción del ritmo alfa, tanto para el grupo experimental como para el grupo control, tomados por el EEG previo durante 5 minutos, denominado Tiempo A o registro de prueba (participantes con ojos cerrados y relajados), arrojaron los siguientes valores: para el grupo Experimental una media de 123,4 seg. con una Desviación Estandart (D.E.) de 16,83 seg., mientras que para grupo Control una media de 118,3 seg. y un D.E. de 15,49 seg. (ver Tablas 1, A Grupo Experimental y B Grupo Control.- Tiempo A).

Con respecto al análisis efectuado denominado: Tiempo B (participantes que recibieron el tratamiento comentado en el punto 3.1.3.- Procedimiento), podemos obser-

var que el grupo Experimental presentó un valor para su media de 191,4 seg., con un D.E. que presenta un valor de 19,8 seg. (ver Tabla 2.A.- Grupo Experimental .- Tiempo B). Mientras que para el grupo Control la media tomó un valor de 10,6 seg. con un D.E. de 4,83 seg. (ver Tabla 2.B.- Grupo Control.- Tiempo B).

PARTICIPANTES	T1	T2	T3	T4	T5	Tiempo Total Seg.-
1	23	31	16	14	21	105
2	29	24	32	13	16	114
3	17	33	31	28	25	134
4	24	14	33	25	11	107
5	15	34	27	23	19	118
6	28	25	17	21	52	143
7	34	26	12	42	34	148
8	14	26	28	10	29	107
9	25	18	34	22	16	115
10	45	34	13	14	37	143

TABLA 1.A.- Grupo Experimental: Tiempo A

PARTICIPANTES	T1	T2	T3	T4	T5	Tiempo Total Seg.-
1	14	44	22	31	18	129
2	41	22	16	29	17	128
3	12	23	15	32	14	96
4	23	15	28	21	54	141
5	43	11	19	14	25	112
6	19	23	11	22	29	104
7	34	25	19	12	22	112
8	26	32	15	11	27	111
9	15	17	12	33	32	109
10	34	24	25	22	36	141

TABLA 1.B.- Grupo Control: Tiempo A

PARTICIPANTES	T1	T2	T3	T4	T5	Tiempo Total Seg.-
1	25	33	45	28	56	187
2	33	28	49	38	45	193
3	15	41	55	55	44	210
4	49	28	39	56	23	195
5	45	43	22	29	35	174
6	15	37	58	43	41	194
7	33	43	26	34	44	180
8	11	29	47	53	58	198
9	20	17	43	49	26	155
10	15	48	58	56	51	228

TABLA 2.A.- Grupo experimental: Tiempo B

PARTICIPANTES	T1	T2	T3	T4	T5	Tiempo Total Seg.-
1	-	-	-	9	6	15
2	-	-	7	-	-	07
3	-	-	-	-	14	14
4	-	-	-	12	-	12
5	-	-	-	-	7	07
6	3	-	-	-	-	03
7	-	-	-	8	5	13
8	-	5	7	-	-	12
9	-	-	5	-	-	05
10	5	-	-	13	-	18

TABLA 2.B.- Grupo Control: Tiempo B

Se utilizó para el análisis estadístico diferencial: la prueba t. Se realizaron dos pruebas t. La primera prueba t para muestras dependientes, corresponde al análisis de las medias del grupo Experimental, entre el **Tiempo A** (registro ritmo alfa previo, ver Tabla 1. A.) y **Tiempo B** (registro ritmo alfa con el conocimiento del sistema IMCM, ver Tabla 2.A.), cuyo valor es $T(9) = -10,06$; $p < 0,0001$, por la cual se considera significativa, dado que los participantes del grupo Experimental, post tratamiento, incrementaron la producción del ritmo alfa (**diferencia de media de 68 seg.**) y se valieron del sonido como evidencia para producir trabajo en el sistema denominado IMCM

La segunda prueba t para muestras independientes, se la realizó con los datos aportados del Tiempo B entre el grupo Experimental y el grupo Control, cuyo valor es $T(18) = 28,05$; $p < 0,001$. Por lo tanto, se sostiene que: los participantes de 18 a 50 años que recibieron como tratamiento el conocimiento sobre el funcionamiento del sistema IMCM, tuvieron una actuación significativamente mayor, para producir trabajo experimental, que aquellos que no lo poseen (grupo control). Por todo ello, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa que establece que:

Un participante al mantener los ojos cerrados generará ondas alfa en el lóbulo Occipital del cerebro, las cuales por medio de un dispositivo producirán un sonido o luz, el cual lo considerará un trabajo dentro de un sistema IMCM experimental.

Los resultados del segundo experimento que se denominó R. exp- Adrian pueden valorarse observando la Tabla 3 A y B. Todos los participantes produjeron ondas de ritmo alfa con los ojos abiertos. El Grupo Experimental arrojó una media de 3 veces, con una D.E. cuyo valor es de 1,15 veces (ver Tabla 3.A.). Mientras que los participantes del Grupo Control presentó una media de aparición de ritmo alfa de 3 veces, con un D.E. de 0,94 veces (ver Tabla 3.B.-)

PARTICIPANTES	T1	T2	T3	T4	T5	Aparición del ritmo ALFA
A1	0	1	1	1	1	4
C1	1	1	0	0	1	3
D1	1	1	0	0	0	2
F1	1	1	1	0	1	5
H1	1	1	1	1	1	4
A2	0	0	0	1	1	2
B2	0	1	0	0	1	2
F2	1	0	1	0	0	2
H2	1	1	0	1	1	4
I2	0	0	0	1	1	2

Tabla 3.A.-: R. exp- Adrian – Grupo Experimental

PARTICIPANTES	T1	T2	T3	T4	T5	Aparición del ritmo ALFA
B1	1	0	0	1	1	3
E1	0	0	1	0	1	2
G1	1	1	1	1	1	5
I1	0	1	1	0	1	3
J1	1	0	0	1	1	3
C2	1	1	1	0	1	4
D2	1	0	0	1	0	2
E2	0	0	0	1	1	2
G2	0	1	1	0	1	3
J2	1	1	0	0	1	3

Tabla 3.B.-: R. exp- Adrian –Grupo Control

3.3.-Discusión:

Este experimento estableció cómo el conocimiento de mantener, simplemente los ojos cerrados, puede derivar en la realización de trabajo, en la configuración de un sistema IMCM clasificado como sistema no invasivo, independiente, activo, sincrónico y no metabólico. El mismo determinó que los sujetos experimentales pudieron realizar con su **intención**, un trabajo, el cual se evidenció por medio de un sonido. También se

demostró que los participantes del grupo experimental produjeron con conocimiento, las llamadas ondas del ritmo alfa (Frecuencia de 8-12 Hz), para producir un trabajo. No sólo el cierre de los ojos, sino la información pertinente del sistema IMCM, fue la diferencia que determinó la intención de la tarea mental o cognitiva para dar con la posibilidad de realizar el trabajo pertinente, por parte de cada participante (diferencia de media intra grupo experimental de 68 seg.). Debido a ello, este experimento representa un desafío de acuerdo a las cuestiones teóricas relacionadas al ritmo alfa y a la configuración final del llamado sistema IMCM. Además tiene su importancia pues de él se deriva y se plantea la **manipulación** de las ondas alfa, para producir trabajo. Las ondas del ritmo alfa son procesos automáticos o no conscientes. La manipulación de las ondas alfa, se logró por un estado particular del participante, que evidencia **relajación** con actividad mental leve y se podría decir un estado psicológico de **aburrimiento**, pero que se utiliza para producir **Trabajo**. Este modo de producir trabajo y la noción de estructura y funcionamiento, como así de acción final del sistema IMCM que se deriva de este experimento, lleva a reformular toda una modalidad de configuración actual de dicho sistema. Todo ello plantea una posibilidad más directa de comprender a este sistema, como así también a la mente-cerebro del ser humano.

Además teniendo en cuenta las diferencias interindividuales y los problemas que pueden presentarse intraindividuo, relacionados con el ritmo alfa, este experimento abre las puertas para seguir profundizando en el análisis de las ondas electroencefalográficas en relación a la toma directa de las mismas, desde un electrodo. Este análisis implica tomar en cuenta la posición de un electrodo, posición desde un nivel dimensional del funcionamiento de la mente-cerebro, para un análisis cognitivo. Esto resulta de una posición teórica que se denomina Dimensionalismo Estructural Humano, tema que se expondrá en el Capítulo 4.

Con respecto al análisis desde el electrodo pertinente, se quiere resaltar la categorización de especialidad hemisférica, lobular, modular y de red para conformar un sistema IMCM on-line, ya que como lo establecen Brunner, Scherer, Graimann, Supp y Pfurtscheller (2006), actualmente casi todos los sistemas IMCM están ignorando la relación entre los electrodos. La inmensa mayoría de los sistemas confían en vectores de rasgos derivados de parámetros promediados que pertenecen a diferentes cálculos paramétricos de aplicación (algoritmos), los cuales universalizan las ondas electroencefalográficas de diferentes participantes (ejemplo Banda de Poder o el parámetro Adaptable Univariante Autoregresivo). Por ello, estos autores sugieren que la evidencia lleva a que la información adicional sea investigada y obtenida cuantificando la relación entre los signos de los electrodos. De esta manera se podrían mantener así rasgos innovadores individuales dentro de los sistemas IMCM futuros. Esto implica investigar un método off-line para extraer el grado de sincronización de fase entre dos electroencefalogramas (EEG) con respecto a una tarea cognitiva o mental. Así los signos calculados podrían representar, las sesiones verdaderas online para controlar diferentes estados mentales, ejemplo imaginación mental de un movimiento de la mano, en vez de realizar solo promediaciones de ondas por medio de algoritmos. Los estudios recién están comenzando y se estima, que las tareas mentales o cognitivas correlacionadas con las ondas cerebrales así estudiadas (sincronizadas) podrían superar el 66% de certeza contra un 33 % de casualidad (Brunner, Scherer, Graimann, Supp & Pfurtscheller, 2006).

Por otra parte, este trabajo determina una relación directa entre el usuario, la onda electroencefalográfica, un estado mental y la realización de un trabajo que es “paradójico” con respecto a lo visto hasta el presente teniendo en cuenta el ritmo alfa.

No obstante ello, la idea de sincronización implica que las neuronas realizan en conjunto un potencial de acción. Esto determina una actividad de base, ya que la sincroniza-

ción (que se deriva de la actividad de abrir y cerrar los ojos) es la condición para establecer un ordenamiento previo y posterior, con relación a la visión.

Además ello sugiere que la sincronización es una relación de actividad y por ello los ritmos beta (frecuencia > 13 Hz, recuérdese que el ritmo alfa es de 8-12 Hz) relacionados con la alta actividad mental, que se registran, por ejemplo a nivel frontal o con la visión consciente, provienen de derivaciones de sincronizaciones parciales que aumentan su frecuencia, pero que parten del ritmo alfa previo. Se sabe que hay dos zonas simétricas homogéneas que producen las ondas alfa, una a nivel de la zona occipital y otra a nivel del lóbulo frontal. No obstante ello, de acuerdo a todo lo que he estudiado podría afirmar que la sincronización es una actividad dentro de la desincronización general “estocástica” de las ondas cerebrales tomadas en su conjunto. Esto tiene una magnitud inmensa a nivel teórico, pues estos conocimientos son insospechados dada la indeterminación que presentan las ondas bioeléctricas del cerebro (más adelante se expondrá como un pensamiento dimensional podría poner en evidencia los mecanismos subyacentes y realizar una mejor comprensión de la mente-cerebro). Esta sincronización debería seguir siendo investigada pues es la clave, para determinar las acciones propias de la mente-cerebro, ya que la suma y resta entre sincronización y desincronización conlleva a una valoración Psicológica y posiblemente Fenomenológica, dado que abre las puertas a un verdadero entendimiento de la mente-cerebro. Encontrar éstas, en diferentes módulos de la mente-cerebro será de gran importancia para verificar parcialmente una acción cognitiva de un caso particular, realizada por procesos conscientes como no conscientes. En otras palabras, la sincronización equivalente a un grupo de neuronas que elabora determinado proceso cognitivo consciente o no consciente, refiere a los pensamientos que son producto de la mente-cerebro. Debido a los conocimientos que esto implica, se considera que en la electroencefalografía el pensamiento está representado

por grandes racimos de ondas electroencefalográficas (Delorme & Makeig, 2004). Con mi experimento se ha demostrado que la sincronización es un hecho bioeléctrico que puede ser utilizado como concepto para la producción de trabajo en un sistema IMCM (manipulación de ritmo alfa).

El Centro de Neurociencia Computacional Swartz de la Universidad de California, ofrece un software para el estudio de las ondas que se implican en el pensamiento, (Delorme & Makeig, 2004). Este software analiza los componentes independientes de las ondas electroencefalográficas. El grupo de investigadores consiguió, aplicando una técnica matemática, descomponer los datos cerebrales obtenidos por un encefalograma. Como consecuencia de esto existe actualmente un esfuerzo internacional que se suma al estudio que delimita dichas ondas, las cuales se las correlacionan con los procesos cognitivos. De esta forma, se está pudiendo ‘capturar’ el pensamiento mientras sucede en el cerebro y así separar las ondas bioeléctricas, de unos y otros para su análisis. Para ello se aplica una técnica matemática denominada Análisis de Componentes Independientes, la cual se refiere a un conjunto de procedimientos destinados a resolver el problema de la separación ciega de fuentes. El objetivo del Análisis de Componentes Independientes es capturar de las fuentes de señal de base y de la mezcla de ondas bioeléctricas, las que son estadísticamente independientes a partir de la observación de dichas mezclas de señales (en principio se plantea un sistema de producción lineal de ondas electroencefalográficas).

Estas técnicas son de utilidad en diversas aplicaciones, entre las que se encuentran los sistemas automáticos de reconocimiento de voz, el procesamiento de imágenes, las telecomunicaciones y la bioingeniería. Aplicada al electroencefalograma (EEG), ICA consigue analizar el conjunto de señales que emite el cerebro y trata de descubrir los orígenes de estos movimientos. Como se verá en el capítulo 4, la desincronización im-

plica qué conjuntos de neuronas se sincronizan mientras otras se sincronizan sin tener en cuenta al otro conjunto. Como explicación, por analogía (ver Minervino, 1998), si se tiene una aula cuyos integrantes se dividen en cinco grupos para realizar cada uno de ellos un trabajo práctico, los integrantes se sincronizan entre sí, desconociendo a los demás compañeros del aula (este ejemplo de desincronización / sincronización parcial se puede comprender cuando se abren los ojos para ver un objeto, es decir que hay grupos de neuronas que se encargarían de la luminosidad, color, forma, etc, para luego dar con un ensamblado final. De esto último se encarga el Análisis de Componentes Independientes, tratando de identificar en tiempo real la sincronización y activación parcial de cada grupo de neuronas. Estos estudios básicamente aportan una nueva forma de analizar los datos del EEG por recientes avances en matemáticas y el aumento de la velocidad de procesamiento de los microprocesadores. La herramienta aplicada al análisis del EEG se llama EEGLAB y su estructura está desarrollada en el trabajo de Delorme y Makeig (2004) donde se explica que funciona en un entorno MATLAB (The Mathworks, Inc.) y que entre sus funciones se encuentra la ICA, antes mencionada. Todos los electrodos captan las bioseñales sin criterio alguno, lo cual impide ser rigurosamente exactos en lo que corresponde a cada parte y significado del pensamiento del participante. Con esta técnica se han podido separar las órdenes impartidas a los músculos, pero aún queda mucho por seguir estudiando. Es por ello que el presente experimento utilizó un ritmo único, el alfa, como demostración de una posible utilización de ondas independientes que puedan ser manipuladas por los participantes.

Otro grupo de estudio de las cuestiones bioeléctricas cerebrales, es la unión de **IBM** con **Brain Mind Institute** de Suiza perteneciente a la Escuela Politécnica de Lausanne (EPFL), cuyo proyecto de investigación ha sido denominado Blue Brain o Proyecto Cerebro Azul. La EPFL aporta al proyecto un sistema de cálculo de nueva genera-

ción que se acoplará a un ordenador proporcionado por la IBM (procesadores del tipo BlueGen/L capaces de alcanzar 22,8 tera-flops <22.8 billones de operaciones por segundo>). Los resultados de estos trabajos serán facilitados a científicos de todo el mundo. El Proyecto Cerebro Azul consiste en un sistema de cálculo asistido por la potencia del ordenador IBM, con el cual se pretende construir un modelo inédito del cerebro humano, que supondrá una revolución en la historia del conocimiento del cerebro: permitirá visualizar por vez primera los microcircuitos formados por las neuronas. El supercalculador servirá de soporte para construir la modelización del cerebro, que se desarrollará por etapas a lo largo de diez años (comenzó en el año 2005, previa a la construcción de una base de datos que tardó 10 años, por parte de Henry Markram, director del Brain Mind Institute). La primera fase se centrará en el neocortex. Esta fase durará dos años y partirá de la base de datos ya elaborada por el EPFL sobre la estructura neuronal del neurocortex de ratones.

Por otra parte, en la misma dirección, Macer (2003) está organizando un proyecto internacional para realizar el primer mapa de la mente. Se trata de un esfuerzo multidisciplinario, el cual formula la hipótesis de que el universo mental tiene límites y que por ello puede ser objeto de una cartografía particular.

Teniendo en cuenta la producción de ondas del ritmo alfa con los ojos abiertos se infiere que la visión consciente, en ese período de tiempo (un segundo) no se reproduce, indicado por la producción de las ondas alfa. La intención de los participantes se localizaría Corteza Prefrontal (CPF) según el trabajo de Haynes (2007) (ver páginas 5, 6, 86 y 87). De esta manera la presente tesis infiere que la atención derivada de la visión a la audición, con producción de ondas de ritmo alfa inhibiría la activación del Ganglio Geniculado Lateral. Este último es un núcleo del tálamo, estructura que actúa como interface entre la vía del nervio óptico que se desprende de la retina y la zona de la corteza

occipital denominada calcarina (ver Figuras 3, 4 y 5 del Capítulo 4). Ya que a partir del citado núcleo se producen las radiaciones ópticas, que son proyecciones nerviosas que se dirigen a la corteza occipital. De esta manera, en el experimento denominado R. exp-Adrian, se observa como los participantes producen en 1 seg. ondas del ritmo alfa, con los ojos abiertos. Esto se lo puede correlacionar a los modelos de atención y memoria de trabajo, tales como: el modelo de atención de Norman y Shallice (1986) (Sistema Supervisor Atencional) referidos a selección perceptiva y vigilancia, que correlaciona con el Ejecutivo Central del modelo de Memoria de Trabajo de Baddeley (Baddeley, 1999), los cuales refieren a la CPF.

Todo esto, representa un problema a resolver, pero la experimentación que se ha realizado ha demostrado que es posible atender a estos conceptos teóricos. En el Capítulo siguiente expondré una explicación del nivel dimensional de la comprensión de la estructura, función y acción de la mente-cerebro, por que de estos experimentos, surgen consecuencias de extraordinarias magnitudes para su valoración posterior, es decir: dimensiones.

CAPITULO 4.- Análisis Teórico:

A través del capítulo precedente se estableció por medio de los dos experimentos que los participantes pueden manipular las ondas alfa. Por un lado, manteniendo el ritmo alfa con su intención, en un estado de relajación con los ojos cerrados. Por el otro con los ojos abiertos, por medio de la atención y la vigilancia los participantes, derivaron la visión a la audición de un sonido, produciendo dichas ondas. Esto posibilita toda una valoración cualitativa y cuantitativa que se presentará en este Capítulo, lo cual configura una visión del concepto mente-cerebro. Además determina una nueva manera de realizar un sistema IMCM, es decir incluyendo a los conocimientos actuales de las diferentes ramas de investigación del campo que se implican en el conocimiento del cerebro humano, para así establecer un concepto de mente-cerebro de manera ordenada o sistemática incluida dentro del concepto de lo dimensional.

El cuerpo humano se dispone como una interface con relación al medio y el cerebro, siendo esto una consecuencia final de un proceso de crecimiento y desarrollo a nivel embriológico. Tanto el cerebro como la piel humana derivan de la misma capa histológica, el ectodermo, que es la piel del embrión que se ha invaginado en sí mismo. Dicha piel se interioriza dentro del cuerpo humano formando el tubo neural, para finalmente desarrollarse como un cerebro en la quinta semana de gestación (Hib, 1986).

Dentro del sistema IMCM, y para la comprensión de la mente-cerebro se pueden establecer diferentes parámetros, dentro de una cualificación posible, para prever la existencia de correlaciones que ayuden a la determinación y final utilización de conceptos primarios. Estos conceptos establecen las configuraciones innatas de la mente-cerebro humana, que dentro de la psicología cognitiva implican al concepto denominado

cognición o procesos automáticos conscientes o no conscientes. Si se tiene en cuenta el desarrollo del ser humano, existe un período en el cual el sistema nervioso, como tal, está en formación, por lo que los procesos mencionados, como preprogramas, no están funcionales. De esta manera con el crecimiento y desarrollo posterior del niño, se produce la configuración del sistema y a partir de allí, los procesos automáticos y no conscientes que producen la funcionalidad de la mente-cerebro, son integrados (ver explicación del Firmware más adelante). Estos procesos determinan en última instancia las creencias y modo operante del sujeto de manera no consciente. Pero el ser humano a través de procesos conscientes podría utilizar manipular los procesos no conscientes, en un rango determinado (ver página 47). Actividad que se desarrolla dentro del concepto de conciencia (ver páginas 6 y 7). Esto determina una posición fenomenológica que tiene su correlato psicológico y es la determinante de las diferencias en las tensiones bioeléctricas que pueden observarse en la mente-cerebro, como se verá cuando se explique el Firmware (ver concepto de Firmware página 119).

Para poder establecer un sistema IMCM se debe conocer la estructura básica y el flujo de información que se relaciona dentro de la mente cerebro. Para tal fin, se puede establecer un esquema simple realizado a partir de una cuantificación dimensional, el cual se lo puede correlacionar con las diferentes estructuras neurobiológicas. Primero, con la estructura citoarquitectónica (histológica) que determina diferentes composiciones en diferentes partes de la neocorteza, es decir las denominadas áreas de Brodmann, y cómo éstas se implican en el funcionamiento de los módulos. En segundo lugar, relacionar por medio de redes la totalidad de la masa cerebral que está dividida en diferentes módulos. Esto último implica las vías nerviosas locales y globales que se desarrollan y conectan en el interior del cerebro.

Una visión más acabada implica tener en cuenta el concepto de **Dimensión**, el

cual hace referencia a las posiciones anteriores, posteriores, laterales: izquierda y derecha, como así también a la posición superior e inferior que pueden ser denominadas arriba o abajo respectivamente. Es decir, tomar para el estudio descriptivo y funcional los ejes espaciales X, Y y Z y al tiempo. En consecuencia, la comprensión dimensional de la mente-cerebro, tiene en cuenta el tiempo y por lo tanto la velocidad bioeléctrica⁵ que se desarrolla en la comunicación entre diferentes partes del cerebro o módulos. De esta manera se llega a un entendimiento **dimensional multivariado**, que se relaciona además con el cuerpo y el medio. Todo esto es la definición macroestructural del concepto que este trabajo denomina el Dimensionalismo Estructural Humano (DEH).

Las velocidades y los tiempos que se dan entre las diferentes estructuras dentro de la mente-cerebro son en su gran mayoría bidireccionales, este es el concepto macro funcional del DEH. Un ejemplo es la relación antero-posterior que implica a la corteza prefrontal (CPF) y al lóbulo occipital, descriptas en el eje espacial X, que pueden tener las consecuencias que observamos en los experimentos de este trabajo. Lo que normalmente predomina es una relación bidireccional ya que la dirección postero-anterior implica la relación consciente de la visión desde el lóbulo occipital a la CPF (se realiza una simplificación, a los efectos de la presentación, ya que si tenemos en cuenta el eje espacial Z, los lóbulos temporales también intervienen junto con los parietales en la integración final de la configuración visual). El eje espacial X implica tener en cuenta a la

⁵ Si las investigaciones avanzan, en un futuro se tendrá en cuenta la **circulación de Luz blanca visible** entre las neuronas (ver página 91), concepto denominado **biofotónica** (Van Wijk, 1998; Yu & Chang, 1995; Zang, Yu, Sun & Popp, 1997). Asimismo a la **radiación electromagnética de microondas** descubiertas por Fröhlich (1968) y por último el aprovechamiento de los fonones (vibraciones propagadas en un enrejado molecular proteico). La **propagación de fonones** como ondas coherentes, según Davydov (1977) se denomina "**Solitones**". Tanto los biofotones, como la radiación electromagnética de micro ondas, como los solitones son vías de comunicación intracelular, extracelular e intercelular y considero que podrían ser los conceptos más primarios que expliquen la excitabilidad celular. Mi última definición está al límite entre el concepto de surgimiento de la Vida y de los mecanismos reguladores cibernéticos (feedback mecánicos o químicos, es decir carentes de vida).

Todo ello podría ofrecer un nuevo enfoque sobre el problema del **ensamblado final o binding problem** (ver páginas 68 y 69).

Este trabajo de tesis no desconoce los conceptos de **materia bariónica y no bariónica** (ver punto 4.2 del Capítulo 4), dado que son los componente que hacen a la configuración material del ser humano. Las dos materias citadas, señalan el **Dualismo material no cartesiano** (ver punto 4.2 del Capítulo 4).

memoria de trabajo (Cañas, Antolí & Quesada, 2001) la cual se relaciona con la atención y la con la interface emocional como lo han demostrado Gray, Braver, y Raichle (2006) (esta última interface se la define como eje espacial o vertical Y, cuya dirección es abajo-arriba junto con el S.A.R.A.).

Esta manera metodológica de estudiar la configuración de la mente-cerebro, determina el concepto clave del D.E.H. Este permitiría definir cualitativa y cuantitativamente la estructuración teórica de la tensión bioeléctrica que conforma los ritmos cerebrales de los diferentes módulos⁶, que están correlacionados con las cogniciones correspondientes. Además, siendo un concepto dimensional, toma en cuenta la relación entre las diferentes configuraciones, sean genéticas, bioquímicas, fisiológicas, psicológicas, fenomenológicas y conductuales, con relación a la variable tiempo. De allí que se pueda establecer una velocidad genética en relación a los diferentes módulos intervinientes de una cognición o procesamiento de la información. El concepto de velocidad genética permite observar la relación directamente proporcional del espacio corporal en relación inversamente proporcional al tiempo, lo cual obliga a pensar al ser humano como un acontecimiento o un proceso, que se inicia desde la fecundación óvulo-espermatozoide, pasando por todo el crecimiento y desarrollo fetal hasta la madurez y muerte del individuo. Con el enfoque dimensional se pueden establecer parámetros dinámicos en la configuración de la mente-cerebro (un móvil que desarrolla una velocidad que es igual a $\text{espacio(cuerpo)} / \text{tiempo(edad)}$). La relación del tiempo con respecto a la mente-cerebro, se la establece de manera directamente proporcional al espacio cerebral (espacio determinado por la resolución de la genética y la neurofisiología entre otras, con respecto al momento propio del individuo, es decir sus diferentes edades). Esa relación temporal está en relación con las determinaciones de las velocidades de las diferentes

⁶ Ver nota 5 pie página 56.

estructuras que componen la mente-cerebro. De allí que correlacionando estos valores y las estructuras correspondientes pueda irse perfilando en el futuro, una mejor comprensión final del sistema IMCM.

Así la conceptualización dimensional de la mente-cerebro permite observar diferentes modos de actividad bioeléctrica, la cual se plantea actualmente como una posible interface para el sistema IMCM que en este capítulo trataremos en forma teórica.

Uno de los puntos clave dentro de todos estos conceptos, es que el ser humano puede realizar una valoración personal de sí, estableciendo que es un cuerpo y que tiene un cuerpo. Desde la Psicología Cognitiva se puede plantear un punto clave: la memoria episódica (Tulving, 2000). Dice Ferreres (2005) que la memoria episódica permite al individuo codificar, almacenar y recuperar acontecimientos específicos experimentados personalmente. Las memorias episódicas se distinguen por la conciencia autoconsciente: el sujeto percibe conscientemente que el recuerdo corresponde a una experiencia del propio pasado personal (Tulving, 1997). La memoria episódica es esencial para orientarse en el tiempo y el espacio; la conciencia que se tiene de un lugar y de cómo se llegó a él (Ferreres, 2005). Esta memoria se constituye por procesos de maduración neurobiológicos, debido a un período previo, por el cual el ser humano tiene una relación con el medio muy inmediata a través de su cuerpo, que en verdad es un cuerpo parcial. Esto se debe a que el dominio del mismo a nivel motor (es decir, su coordinación) como asimismo la formación de la imagen corporal y el dominio de los esfínteres, es de resolución tardía, aproximadamente a los 3 años de edad (Insúa, 1981). Ese período previo es característico desde el nacimiento hasta los cinco años aproximadamente, en donde se configura plenamente la función de la memoria episódica. La estructura neurobiológica que está en relación directa es el **hipocampo**. Es un área relacionada con la corteza cerebral que se ubica en el interior del lóbulo temporal (Ferreres, 2005). El hipocampo se relaciona

con la CPF (Selemon, 1995). La CPF termina su maduración a los 12 años de edad aproximadamente. El hipocampo tiene una maduración posterior al igual que la corteza temporal (Golemann, 1995). A partir de los 5-6 años tiene una funcionalidad semejante al adulto. Se sabe que el hipocampo codifica la información, la analiza, la combina y agrupa, para así formar la memoria episódica (Ferrerres, 2005), pero su almacenamiento posterior se lleva a cabo en el polo del lóbulo temporal (Ferrerres, 2005). Por todo lo dicho, se puede inferir que si el ser humano, pasa por períodos consecutivos de sueño y vigilia, su memoria episódica está en pleno desarrollo a lo largo de toda la vida. Además durante la noche el sujeto que duerme interrumpe su funcionamiento consciente. Hahn, Sakmann & Mehta (2006) han analizado e inferido la relación entre hipocampo y diversas áreas de la corteza cerebral mientras se duerme y cómo todo esto se relaciona con la memoria. Los resultados de esta investigación presentan las pruebas hasta ahora más evidentes que la información que registra el cerebro se transfiere desde la región del hipocampo hasta la corteza cerebral durante el sueño. Debido a esto, los circuitos neurales intervinientes, tuvieron que madurar desde el nacimiento hasta los 5 años aproximadamente para establecer un ordenamiento estructural del hipocampo y sus relaciones intracerebrales (Rodrigo, 1998).

Esta Tesis infiere que estas conexiones y la configuran de la memoria episódica junto con la memoria semántica entre otras, se encienden y apaga parcialmente con los relojes biológicos que determinan el ciclo de sueño vigilia (ver Cardinalli, 1992). Por todo esto el D.E.H. traza una configuración que podría analogarse con un **Sistema Operativo** (por analogía de la ciencia de la computación, como un sistema operativo **BIOS**, es decir básico de entrada y salida de la información) relacionado con las cuatro dimensiones (3 ejes: X,Y,Z y el Tiempo). El concepto de sistema operativo implica tener presente el funcionamiento de la máquina de Turing, y debido a ello, dadas las cone-

xiones de los módulos cerebrales con prácticamente todo el cerebro y el cuerpo mismo, esta tesis utiliza el concepto de **Firmware**, el que proviene de la Ciencia de la Computación. El firmware es un preprograma de máquina que se utiliza para dar las instrucciones pertinentes referidas a las ejecuciones que se llevan en la compleja circuitería de una computadora, dicho preprograma emite órdenes en un lenguaje de máquina apropiado, para configurar los dispositivos del sistema, (ver Wilson & Ji, 2006). Es decir, pondera el funcionamiento de los módulos que entrarán en la configuración de una tarea determinada, (ver páginas 83 y 119).

Resumiendo, debido a que el ser humano nace con estructuras innatas y que las mismas necesitan un período prolongado de desarrollo y crecimiento, carece de instintos semejantes a los animales. No obstante ello, el desarrollo con la formación de la memoria episódica entre otras, **preprograma** mecanismos o procesos cognitivos (implícitos) de ensamblaje o configuración. Por esto, el desarrollo y crecimiento cerebral posterior **determinan** una manera de ser propia de cada individuo. Esta forma de ser correlaciona con modos de operación no conscientes y automáticos los cuales están relacionados con la interface lingüística. La conformación de la memoria episódica en relación al hipocampo como analizador y codificador en su relación con la corteza temporal (como almacenamiento dinámico), determina una variación constante de la fidelidad de la memoria (con todas sus implicaciones, ver Schacter, 2003). Provocada por los ritmos de vigilia y sueño dentro del sistema y por la incorporación sin fin de información en la misma. Esta es una diferencia importante con las computadoras, tanto a nivel de la fidelidad como de la velocidad de recuperación, dado que las sustancias magnéticas están apoyadas en un disco y de acuerdo al magnetismo que se le impriman serán un bit valor cero o uno, es decir que esta información está fijada. No ocurre lo mismo con la memoria humana la cual permanentemente esta en formación por que el

hipocampo se relaciona vía el cuerpo calloso con otras memorias distribuidas en la corteza cerebral.

Todo esto determina una vía de procesos que hacen a un individuo, tal cual es singularmente. Estos procesos no son comunicables vía el lenguaje natural y por ello determinan a ese sujeto como tal. Lo cierto es que la memoria episódica es una memoria explícita, pero lo que esta tesis infiere es el procesamiento de la información que se implica en estos procesos. Por lo tanto, este trabajo utiliza el concepto de Firmware, el cual siendo un híbrido entre software y hardware, está relacionado con un modo operativo de procesamiento de la información. Con este concepto se puede hacer referencia a cómo o por qué hay personas con un grado de procesamiento de la información más visual que por medio lingüísticos o viceversa. También explica las diferencias en gustos o carácter, preferencias sexuales, etc. de acuerdo a las consecuencias de los cinco primeros años de vida (Programa en Firme o Firmware), conjuntamente con la resolución de la configuración a los 12 años, referida a la maduración de la CPF (Damasio & Anderson, 2003). Todo lo cual se haya implicado para la comprensión de la configuración final de los procesos cognitivos denominados de nivel alto (ver página 119), como asimismo los relacionados al sistema IMCM, como se demostrará oportunamente (ver página 83).

Se define a la **cognición** como la actividad que realiza la mente-cerebro, desde un continente específico, módulo o articulación de módulos, de acuerdo a una determinada configuración. De este modo, la cognición es un procesamiento de información que se realiza en la mente-cerebro. La cognición es un programa de análisis activo / constructivo llevado a cabo por la mente-cerebro. En realidad no existe una cognición, sino una serie de programas que realizan cogniciones los cuales pueden ser conscientes o no conscientes. Así las cogniciones como programas están determinadas por reglas, que manejan elementos simbólicos, las cuales presentan propiedades sintácticas y operacio-

nes computacionales tanto locales como de ámbito general. En esta tesis, **Símbolo** se lo define como a el microcircuito sincronizado de actividad on off neuronal que ejemplifica a la representación simple, los símbolos se relacionan con la interface lingüística y realizan representaciones complejas (ver pág. 86) y, todo ello determinado por el FW que más adelante se tratará. La cognición es una actividad de la mente-cerebro que permite conocer y conocerse a sí misma dentro de un rango determinado. La cognición tienen un carácter consciente y otro no consciente. La cognición implica un sistema de intercambio de información. La incertidumbre proveniente de la realidad (como desorden o entropía positiva), se maneja como dato de información por los programas locales y globales. La incertidumbre en general es convertida en entropía negativa o información acorde a los procesos propios de la mente-cerebro de ese individuo, de tal manera que la información es una construcción de nivel de abstracción superior a un simple estímulo (Símbolo o microcircuito que implica la implementación del FW) (ver página 119). Pero un mismo estímulo puede provocar diferentes datos en diferentes tiempos en un mismo individuo de acuerdo a los procesamiento centrales que disponga, lo cual puede o no relacionarse con la interface lingüística y las representaciones interpretativas (ver pág. 110).

Los conceptos sobre los fundamentos estructurales, funcionales y de acción del Sistema Interface Mente-Cerebro Máquina están relacionados con la Convergencia Tecnológica (Roco & Sims Bainbridge, 2002) y relacionados con el modelo de cognición de procesamiento de nivel alto, que se denominó **Conocimiento**. Dentro de las Ciencias Cognitivas, la psicología cognitiva ha basado su fundamentación teórica en que la Mente funciona como un ordenador o computadora, posición teórica a la que se denominó la metáfora del ordenador, de modo tal que las funciones que realiza la mente son a nivel del llamado procesamiento de información (Johnson Laird, 1988). Como re-

fiere Aspray (1993) la palabra información en la **Teoría (de Shannon)**, se utiliza en un sentido especial que **no** debe confundirse con **significado**. De este modo el procesamiento de la información de la mente-cerebro se relaciona con la cognición o proceso de la mente-cerebro consciente o no, sin los contenidos pertinentes.

La neurobiología detallada del funcionamiento del cerebro, que se ha basado en modelos computacionales, puede ayudar al entendimiento de los complejos elementos que intervienen en el funcionamiento de la mente-cerebro. El procesamiento de la información que realiza la mente-cerebro del ser humano puede ser explicado desde el punto de vista computacional, neurobiológico y psicológico, entre otras ramas de investigación. De ello se desprende una pregunta: ¿qué es la información?, cuya respuesta es que: la información es la materia prima para la formación del conocimiento, el cual solo se produce o elabora con la intervención del ser humano. Este tema subyace como eje principal de la conceptualización denominada por esta tesis: Interface Mente Cerebro Máquina.

En un sistema IMCM el participante es denominado “usuario”. El mismo puede tomar conocimiento de diferentes procesos automáticos o no conscientes a través de este sistema, y puede registrar en su memoria de largo plazo un nuevo conocimiento como proceso. Este conocimiento posibilita conocer subsistemas modulares de su mente-cerebro, que habitualmente funcionan automáticamente de manera no consciente, de ese modo puede realizar un trabajo deseado de acuerdo a la estructura del sistema IMCM en que el mismo se implique (ver nota 3 al pie de página 25). De manera que el participante puede conocer en parte su Firmware como proceso bioeléctrico. Esta tesis plantea la modularidad de la mente cerebro, por el hecho electroneurobiológico de la formación de ondas bioeléctricas, es decir que el módulo cerebral es el lugar en donde se forma una onda eléctrica, en una determinada área. Es importante destacar que una onda representa

una actividad continua bioeléctrica, a pesar de formarse por la actividad de potenciales de acción individuales o discretos (las neuronas que conforman el cerebro humano).

Dicha información se transforma en **conocimiento consciente**, generalmente por medio de alguna evidencia física, de modo tal que con el sistema IMCM, lo no consciente puede ser utilizado para la realización de un trabajo que reporte un beneficio al usuario, como es el caso de la utilización de las ondas electroencefalográficas denominadas ondas alfa, las cuales son producidas por la actividad modular y automática o no consciente, de la zona occipital del cerebro, como lo demuestra la diferencia entre las medias (68seg.) dentro del grupo experimental (ver página 45).

En resumen: de manera innata se producen determinadas actividades en el cerebro de un usuario. Por ejemplo, cuando el usuario cierra los ojos, existe una relación anatómica y neuro-fisiológica que produce de las ondas alfa (Guyton, 1972). Es lo que denomino algoritmo de formación. Esta actividad se la puede relacionar a un código en el espacio-tiempo computacional, sea el software o el hardware, relacionados por el Firmware. Dicho código puede ser traducido para la producción de un trabajo deseado. De allí que los procesos teóricos y las formulaciones que se incluyen en las Tecnologías Convergentes (Roco & Sims Bainbridge, 2002), plantean que con la interface mente-cerebro máquina, se producirá una conducta sinérgica de alcances mayores para la realización de una tarea y un mejor desempeño humano. Siempre que exista un algoritmo y los datos correspondientes, las máquinas o computadoras resolverán algún problema, de manera más veloz que el cerebro humano. Por otra parte, el ser humano tiene la posibilidad de realizar inferencias inductivas y deductivas que lo llevan a la formulación de juicios analíticos, como asimismo a tener creencias y sobre todo poder decidir en incertidumbre. De esta manera, los niveles cognitivos son los Datos, el Texto o Información, el Conocimiento, la Inteligencia y la Consciencia (ver Figura 3). Los estímulos externos o

internos se transforman por codificación en Datos. A nivel primario los **Datos** que pueden ser números o códigos sin relación, como asimismo podemos observar la actividad unitaria bioeléctrica de una neurona representante de un dato. Como segundo nivel, encontramos lo que se denomina el **Texto o Información** que es un conjunto de datos re-

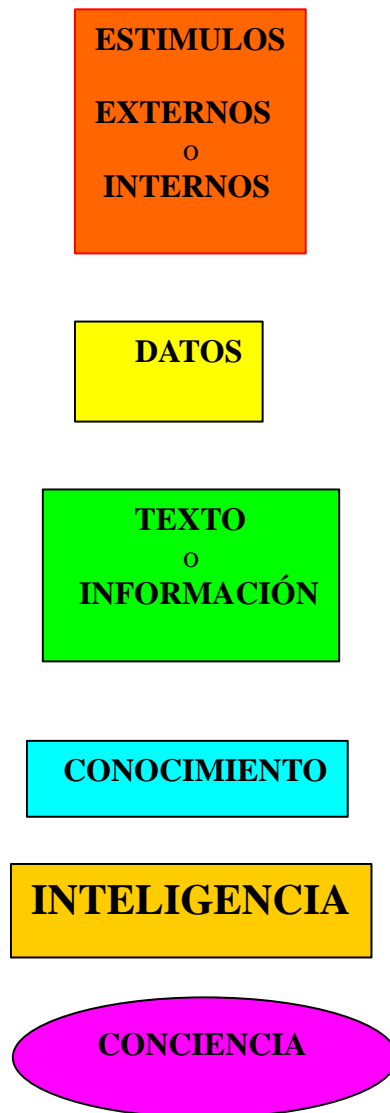


Figura 3: Diagrama de niveles cognitivos

lacionados por reglas sintácticas o de procedimientos neurobiológicos que son un nivel de configuraciones innatas que se realizan dentro de la mente-cerebro (ejemplo ondas

alfa a nivel occipital). Un nivel superior o tercero, que implica la actividad de la mente-cerebro del ser humano; es decir, la utilización formal del texto o información para ser transformada en conocimiento (Cabrera Cortés, 2003). Por ello, el **Conocimiento** es el texto (que puede incluir imágenes) relacionado por su significación o semántica; es decir, realizado por la persona humana (Searle, 1994). Un ejemplo es el reconocer que un sistema IMCM pueda servir para la producción de un trabajo a demanda del usuario con la utilización de las ondas electro neurofisiológicas.

Más arriba, encontraríamos el cuarto nivel denominado **Inteligencia**, por medio de la cual el ser humano es capaz de crear nueva información , es decir nuevos conocimientos, a partir de los que ya se poseen. Aquí se debe atender a dos posiciones, por un lado, que la máquina o computadora puede ser inteligente, en la medida en que produce nueva información y, la segunda que solo el ser humano determina que aspecto de esa información es pertinente como para convertirse en conocimiento. De este modo vemos como el accionar en un sistema de interacción permite una nueva fuerza sinérgica para la resolución de un problema. Estos procesos deben ser estudiados para que no existan superposiciones, tales como ocurren frente al manejo de naves espaciales inteligentes de acuerdo al laboratorio ISIS de la N.A.SA. (McCann, McCandless & Hilty, 2005).

Por último, en el nivel quinto o superior encontramos a la **Conciencia**, definida como la capacidad para percibirse y relacionarse con otras realidades, para comprender y comprenderse; transformar- transformarse (ver autoconsciencia en Goldberg, Harel & Malaca, 2006). Por todo esto, desde el punto de vista del procesamiento de la información, si bien los seres humanos son procesadores de capacidad limitada y de velocidad lenta comparados con las máquinas, la convergencia IMCM posibilita una perspectiva más eficaz para el desarrollo de la tarea de un usuario. (De esta manera, para esta tesis la información fluye como dato del entorno o del propio usuario, asimismo de acuerdo a

la estructuración, configuración y conocimiento del usuario, se determinan los propósitos y los contextos de aplicación que dan como respuesta una conducta final explicada por la realización de un trabajo solicitado por el usuario dentro del sistema IMCM).

Dentro del modelo de procesamiento de la información, se estableció que en un nivel alto está la inteligencia humana, de acuerdo a los estudios actuales, se ha observado que en la mente-cerebro son múltiples los procesos que determinan diferentes tipos de inteligencia (Gardner, 1994). En el nivel cuarto o del Conocimiento podría mencionarse el sistema de control denominado Top Down, que dependería críticamente de la corteza prefrontal, la que a su vez está asociada a áreas subcorticales del cerebro.

Por todo esto, se plantea que los modelos funcionales de procesamiento de la información que he tratado anteriormente, son los más abstractos y representan una síntesis entre las formas analógicas y digitales de cómputo que se dan conjuntamente en la mente-cerebro (O'Reilly, 2006).

Específicamente, la necesidad para el mantenimiento activo a lo largo del tiempo (Timing de la CPF, o la memoria de trabajo, tema tratado por Baddeley, 1999; Tate, Fenelon, Manning, & Hunter, M., 1991) junto con la rápida actualización de la información (O'Reilly, 2006) en la corteza del prefrontal (caracterizada por su forma digital) parece ser satisfecha por la activación constante y estable de mecanismos dinámicos que permanecen presentes en la corteza cerebral (caracterizada por su forma analógica, como más adelante se explican).

Por otra parte, y de manera general, se establece otra dimensión dentro de la comprensión de la mente-cerebro. Esta dimensión es la temporal. En ella hay que poner de manifiesto que la actividad del ser humano se da en dos bandas diurnas: la vigilia y el sueño. En estas dos bandas son características las producciones de las ondas electroencefalográficas. Cardinalli (1992) explicó las correlaciones neuroendocrinas que se

realizan en la mente-cerebro-cuerpo, denominando al sistema: Relojes Biológicos, los cuales se sintonizan biológicamente con las 24 horas de rotación terrestre. Esto implica además un ritmo que se incluye dentro de las denominadas memorias, entre otras la episódica, que junto con la memoria semántica o del conocimiento del mundo, que constituyen el concepto de memoria de largo plazo. Esto implica al sistema IMCM, en cuanto que dicha memoria forma parte del llamado modelo conceptual que se forma el usuario de dicho sistema.

Por otra parte, como dice Llinás (2002) el análisis que hace el sistema nervioso, a través de la activación de las neuronas, consiste en la transformación digital del mundo real que circunda al individuo (que es analógico, es decir continuo a simple vista). Dicho mundo es representado en el interior del cerebro y en consecuencia se hace primero digital, para luego ser transformado a un modo analógico, junto con el **binding o ensamblado final** como se explicará inmediatamente.

Antes de proseguir con el tema, quisiera dejar planteado lo que se denomina el problema del ligamen o del ensamblado. Como explica Zieher (2003), cuando el cerebro procesa información sensorial los eventos neurofisiológicos procedentes de las cortezas sensoriales primarias deben unirse en una coincidencia temporo-espacial para la generación de “percepciones unitarias”. Esta unión (binding) de información procedente de distintas áreas del cerebro se correlacionan con coincidencias de fase en las descargas neuronales (firing) que serían entonces, fundamentales para la generación del “binding”. Las descargas de alta frecuencia que barren al estilo de un scanner la corteza cerebral y buena parte de las estructuras subcorticales (tálamo, hipocampo, tallo cerebral) tienen un correlato físico-químico con la actividad eléctrica sustentada en ondas de calcio que se desplazan en esa misma frecuencia a lo largo de las estructuras gliales y neuronales a través del espacio sináptico, de esta forma lo discreto se transforma en un continuo, es

decir lo digital se transforma en analógico, dado que las neuronas con sus potenciales de acción –actividad digital- se reúnen en el ensamblado formando un continuo -actividad analógica-. Además estas ondas modifican el contenido de calcio extracelular del cual depende el gatillado de los procesos de fusión y exocitosis, involucrados en los procesos de la descarga de los neurotransmisores, a nivel presináptico. Se comprende así que las citadas ondas puedan actuar como sincronizadores de la actividad cerebral y colaborar en el **proceso de binding o ensamblado final** temporo-espacial en un proceso de detección de coincidencias. En resumen esto implica que a nivel consciente se produzca la experiencia unificada a través de dicho ensamblado. Lo planteado hace referencia a una inferencia posible de cómo podemos entender, que los seres humanos tengan una visión unificada del mundo, siendo que las experiencias de la realidad nos llegan por diferentes vías sensoriales. Por otra parte, Llinás (2002) propone que la unificación de la actividad de las neuronas que procesan las diferentes vías sensoriales, se realizan por la actividad bioeléctrica del tálamo (ver las proyecciones nerviosas en la Figura 4) con un barrido que va desde la corteza frontal hasta la occipital, cada 12,5 milisegundos. De esta manera dejó establecido el modo que tiene la mente-cerebro de producir la unificación de los diferentes módulos implicados en lo sensorial, con relación al tiempo y espacio subjetivamente vivido por ese individuo (agregar explicación ver nota 5 pie de página 56).

En la Figura 4, se puede observar el tálamo y sus núcleos. Siendo una estructura profunda del cerebro proyecta haces nerviosos a la corteza. Las proyecciones que emergen de esta estructura abarcan la totalidad de la misma y, como se dijo anteriormente, tiene un correlato neurofisiológico; es decir, facilita el ensamblaje. De esta forma se puede pensar al tálamo como un componente en in-terface, como más adelante se explica.

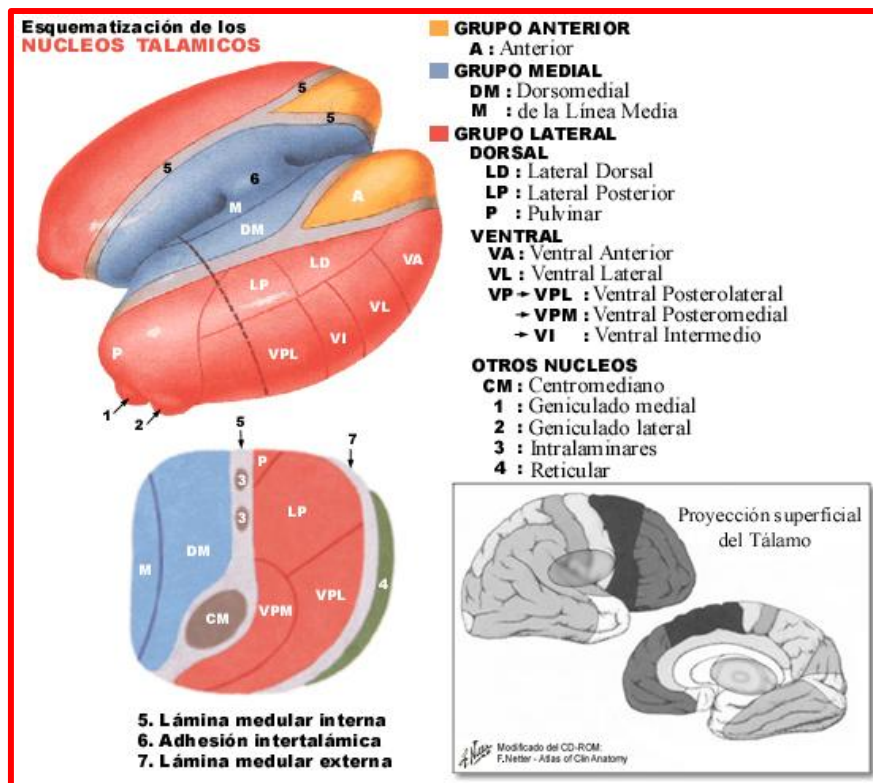


Figura 4: El Tálamo, sus núcleos y proyección cortical

Tomado de la URL:

<http://escuela.med.puc.cl/paginas/cursos/primer/NEUROANATOMIA/Cursoenlinea/atlas/priat.html>

Se dará una explicación más elaborada, que toma en cuenta la réplica del experimento de Adrian comentado en el capítulo precedente, y atiende la metodología de descripción dimensional antes señalada (ver páginas 55 y 56). Los participantes, tanto del grupo experimental como del grupo control, por procesos conscientes tomaron el estímulo auditivo externo (Bip) como Dato. Actuaron a nivel horizontal, por medio de la CPF con su **intención** (Haynes, Sakai, Rees, Gilbert, Frith & Passingham, 2007), vía tálamo (que es una interface de casi todo lo sensorio-perceptivo en el ser humano; ver Nicoletis, 2005c), (ver Figura 4) para la producción de la derivación visual a la auditiva como lo demuestra la producción de ondas ritmo alfa con ojos abiertos, en conjunto con la vía ascendente, eje Y, determinada por la **interface emocional** implicada en la memoria de trabajo (ver Gray, Braver, & Raichle, 2006), junto con el SARA (vía tálamo),

todo ello se produce con el eje transversal o Z que representa la coordinación hemisferio derecho–izquierdo (y viceversa, vía cuerpo calloso). Este trabajo de tesis no desconoce la conexión de la CPF con el Cerebelo, vía eje X (para mayor información ver Barco, Engeby & Ribal, 2004). Así los 3 ejes cartesianos, atienden una cuarta dimensión que es el tiempo subjetivo del participante. Este tema se relacionará con explicación de la Figura 5, la cual toma el **algoritmo de formación**, en donde se puede observar los cuerpos Geniculolaterales (núcleos del Tálamo) y el nervio óptico, de modo que se completa la visión en 3 D, reflejando así la acción psicológica y fenomenológica, de no visión y producción de ritmo alfa, con ojos abiertos voluntariamente (ver página 84). **Una peculiaridad es que el cerebro si bien recibe la sensibilidad de todo el cuerpo humano y del medio, sus estructuras interiores no pueden ser “sentidas” por el individuo** (por ello se dice existencialmente: que es un cuerpo y tiene un cuerpo, **sin sentir su cerebro**). Esa falta de sensación de lo mental-cerebral se la expresa desde el sentido común como algo que no está en la cabeza (dualismo mente-cuerpo). El nivel de procesamiento de la mente-cerebro se la refiere como funciones. Estas últimas se exponen en el R.-exp Adrian, en que la memoria de trabajo y la atención del participante hacen derivar la visión a la audición, produciendo ondas alfa con los ojos abiertos (desarrollada por la intención del participante) conceptos que se reúnen en las funciones ejecutivas de la corteza prefrontal, dentro del algoritmo cognitivo (ver página 84).

Al tomarse la descripción completa en los 3 ejes cartesianos, con respecto al tiempo, se completa el entendimiento de por qué un electrodo atiende a muchas reacciones bioeléctricas que se sincronizan al mismo tiempo, pero que son representadas por desincronización, ya que el electrodo no discrimina por sectores específicos en la producción de ondas, en las que a su vez se implican las ondas del ensamblado antes comentado.

Con el experimento que se explicó en el capítulo 3, se determina que el cerebro produce ondas bioeléctricas, entre ellas: las ondas alfa, que se producen con el cierre de los ojos en un estado de quietud y relajación, y que pueden servir para organizar un sistema IMCM. Dichas ondas son registradas por medio de electrodos en zona occipital de la cabeza, las cuales son la reverberación o resonancia de la actividad bioeléctrica sincronizada de las neuronas de la zona denominada occipital del cerebro (Guyton, 1972), la cual puede producir trabajo experimental.

El sistema IMCM está estructurado y configurado por un algoritmo de formación, el cual se halla integrado o conformado por tres algoritmos: el biológico, el neuroléctrico y el cognitivo. Los tres se los describe en una relación dimensional, por la cual, toman los ejes X, Y y Z. En cada uno de los ejes espacio-temporales descriptos subyace el preprograma que denominamos Firmware, con una nivel de procesamiento de arriba abajo y viceversa. El **algoritmo biológico** subyacente a la actividad planteada, es decir: el cierre de los ojos implica una actividad motora consciente, realizada desde el Lóbulo Frontal, específicamente la Corteza Prefrontal (función ejecutiva, Área de Brodmann 9, 10, 11, 45, 46, 47 ver Figura 5; Brodmann ,1909) (Williams & Parking, 1990). Luego, por medio de una zona denominada área suplementaria motora (Área de Brodmann 6, ver Figura 5), se planea y coordina el futuro movimiento, la misma se interrelaciona con el área motora primaria del cerebro (módulo efector del movimiento, Área de Brodmann 4, ver Figura 5) y desde ésta, por el fascículo piramidal, al tronco encefálico se conecta , así, con el núcleo del nervio motor Facial (Williams & Parking, 1990). Dicho nervio emerge por el orificio estilo mastoideo del cráneo y se dirige a la zona anterior, para la innervación motora de la cara. En ésta última, se encuentra el músculo orbicular de los párpados, el cual produce la apertura y cierre parpebral (Williams & Parking, 1990). La sensación es recepcionada por el nervio Trigémino y pos-

teriormente percibida en la corteza cerebral en el área sensitiva 3,1,2 de Brodmann la que posteriormente se relacionará con áreas secundarias, etc. Esta actividad requiere intencionalidad, además de la actividad motora, se debe realizar por medio del lóbulo frontal una autopercepción entre la quietud motora y la recepción del cuerpo sin movimiento (Área de Brodmann 3,1,2 ver Figura 5), las áreas anteriores y posteriores del cerebro se comunican por medio de los Fascículos Longitudinales superiores e inferiores, entre otros (Williams & Parking, 1990).

Las zonas cerebrales posteriores de los participantes realizan una actividad sinérgica por la acción de la sustancia reticular ascendente (S.A.R.A.), la cual está implicada en la actividad arousal (Posner & Petersen, 1990). Por todo ello, dicha intencionalidad, entre otras actividades, debe evitar que el participante se quede dormido.

Resumiendo, esta actividad consciente, anteriormente enunciada, se encuentra integrada dentro de la denominada tarea mental o cognitiva, que es la que debe realizar el participante, por medio de la cual, se produce el trabajo experimental (Conocimiento).

La posibilidad, a su vez, de contar con otras futuras aplicaciones prácticas, estará dada por la relación de la producción o no de ondas alfa y con la apertura y cierre de los ojos. De esta manera se podría formalizar un código que active determinado mecanismo para la producción de un trabajo por la voluntad de un usuario. Por lo tanto, ello derivaría en pensar la actividad refleja de apertura y cierre de los ojos. Debido a esto, un software tendría que ser capaz de contabilizar dicha actividad de acuerdo a los tiempos implicados en los registros de ondas alfa., conjugando la actividad sinérgica de la alta velocidad de procesamiento de la máquina con la lentitud comparable del ser humano para un mejor desempeño del usuario.

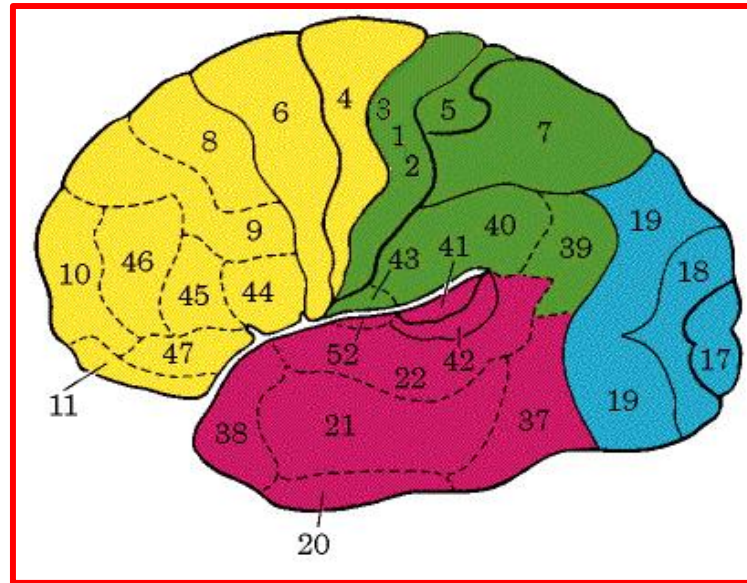






Figura 5: Superficie externa del cerebro con las divisiones citoarquitectónicas enumeradas por Brodmann (1909). Universidad de Michigan.
Tomado de la URL <http://www.umich.edu/~cogneuro/jpg/Brodmann.html>

-  Lóbulo Occipital: Procesamiento y percepción visual.
-  Lóbulo Temporal: Función Lenguaje y percepción auditiva, memoria y emoción.
-  Lóbulo Parietal: Área de la percepción somatosensorial, integración somatoespacial y visual.
-  Lóbulo Frontal: pensamiento, planificación y funciones ejecutivas, ejecución motora voluntaria.

Cuando los participantes del experimento cerraban los ojos, se producían las ondas alfa citadas, las que se correlacionaba con un sonido bip por segundo. Por otra parte, los participantes además encenderían una luz led (la cual no podrán observar). De este modo la actividad que realizan los ojos están en relación directa con la zona occipital, denominada Corteza Calcarina, (ver Figura 6).

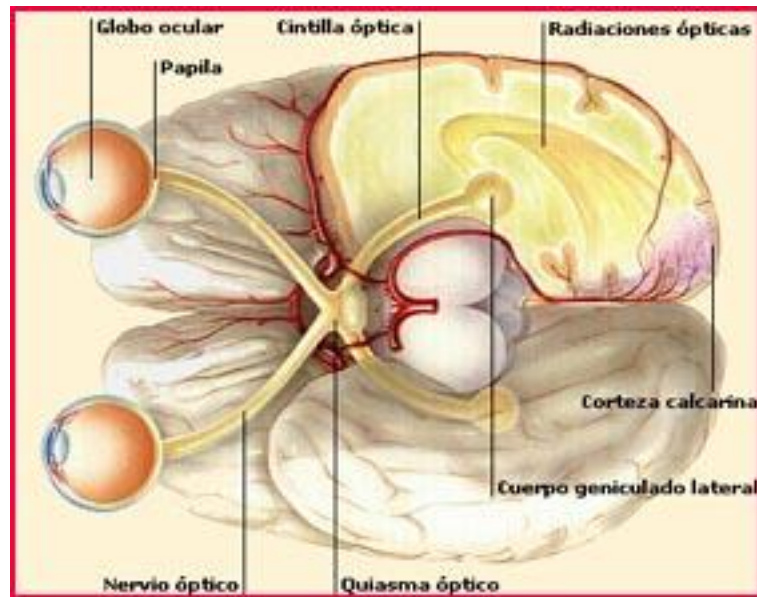


Figura 6: Relaciones anatómicas entre globo ocular y lóbulos occipitales: Corteza Calcarina. (Williams; & Parking, 1990)

El sonido bip es una guía para la prosecución del trabajo experimental, como conocimiento de que están realizando la tarea mental o cognitiva correctamente. La intención (realizada por la CPF según Haynes, Sakai, Rees, Gilbert, Frith, & Passingham, 2007) implica una Actualización Rápida (O'Reill, Brave & Cohen, 1999) por medio de la memoria de trabajo (Cañas, Antolí & Quesada, 2001).

El trabajo experimental realizado podría ser un símil para ser utilizado en el movimiento de brazos robóticos o el encendido o apagado de un motor, o el manejo de un tren eléctrico, el encendido de una fábrica robotizada y la prosecución del trabajo automatizado, o un dispositivo para pacientes tetrapléjicos para la realización de trabajos. Asimismo, podría constituir un sistema que dé soluciones de comunicación a todo nivel, ya sea por formar parte de un sistema de ingeniería redundante para la seguridad de una astronauta que tenga problemas de salud –código onda alfa- para entablar el manejo de la nave espacial, o ser un sistema de diagnóstico para adulto o niños que determine problemas de atención o memoria de trabajo, etc. Es decir que utilizando las ondas electroencefalográficas, como una interface, los usuarios tendrán el poder y control de las máquinas.

La corteza prefrontal (CPF) puede formar parte dentro de un algoritmo de formación (ver página 83 y ss.). Con ella, se presenta una serie de mecanismos y funciones que pueden ser correlacionadas con el constructo denominado **funciones ejecutivas** (Luria, 1980; Burgess, 1997), (Funciones ejecutivas como Interface. Ver punto **a.2** de la clasificación de interfaces), las cuales parecen ser semejantes al funcionamiento de las computadoras digitales. Estas actividades están realizadas por el **algoritmo cognitivo** (ver página 84). Este punto puede ser crítico para la comprensión de los aspectos distintivos de inteligencia humana.

Las investigaciones de los últimos años se han dirigido fundamentalmente a evaluar aquellas capacidades que supuestamente integran el mencionado constructo. Entre otras se destacan las siguientes:

Planificación (Hughes, Russell & Robins, 1994; Ozonoff, Pennington & Rogers, 1991; McEvoy, Rogers & Pennington, 1993; Prior & Hoffman, 1990). Para conseguir la meta propuesta el sujeto debe elaborar y poner en marcha un plan estratégicamente organizado de secuencias de acción. Es necesario puntualizar que la programación no se limita meramente a ordenar conductas motoras, ya que también planificamos nuestros pensamientos con el fin de desarrollar un argumento, aunque no movamos un solo músculo, o recurramos a ella en procesos de recuperación de la información almacenada en la memoria declarativa (tanto semántica como episódica).

“Flexibilidad” (Hughes, Russell & Robins, 1994; McEvoy, Rogers & Pennington, 1993; Ozonoff, Pennington & Rogers, 1991; Ozonoff, Strayer, McMahon & Filloux, 1994; Prior & Hoffman, 1990; Rumsey, 1985; Rumsey & Hamburger, 1990). Es la capacidad de alternar entre distintos criterios de actuación que pueden ser necesarios para responder a las demandas cambiantes de una tarea o situación.

“Memoria de trabajo” (Russell, Jarrold & Henry, 1996; Jarrold & Russell, 1996; Bennetto, Pennington & Rogers, 1996; Baddeley, 1999). También llamada memoria operativa. Permite mantener activada una cantidad limitada de información necesaria para guiar la conducta "online". Es decir, durante el transcurso de la acción el sujeto necesita disponer de una representación mental tanto del objetivo como de la información relevante (Ej.: el orden en que se han planificado las acciones) no sólo acerca del estado actual sino también en relación a la situación futura. Así esta capacidad tiene elementos comunes con la memoria prospectiva que implica el recuerdo de la intención de hacer algo (CocKburn, 1995).

“Monitorización” (Russell & Jarrold, 1998). Es el proceso que discurre paralelo a la realización de una actividad. Consiste en la supervisión necesaria para la ejecución adecuada y eficaz de los procedimientos en curso. La monitorización permite al sujeto darse cuenta de las posibles desviaciones de su conducta sobre la meta deseada. De este modo puede corregirse un posible error antes de ver el resultado final.

“Inhibición” (Ozonoff, Strayer, McMahon & Filloux, 1994; Ozonoff & Strayer, 1997). Se refiere a la interrupción de una determinada respuesta que generalmente ha sido automatizada. Por ejemplo, si de repente cambiara el código que rige las señales de los semáforos y tuviéramos que parar ante la luz verde deberíamos inhibir la respuesta dominante o prepotente de continuar la marcha sustituyéndola por otra diferente (en este caso detenernos). La estrategia aprendida, que anteriormente era válida para resolver la tarea, deberá mantenerse en suspenso ante una nueva situación, permitiendo la ejecución de otra respuesta. También puede demorarse temporalmente, esperando un momento posterior más adecuado para su puesta en práctica.

El modelo computacional basado en la metáfora citada, ha sido utilizado para ser estudiado en muchas áreas básicas de la psicología cognitiva y de la neurociencia cognitiva (por ej. percepción y memoria). Recientemente con éstos acercamientos, los estudios están produciendo la formalización de un mecanismo que está ayudando a comprender algunos de los más misteriosos asuntos y con este proceso se está comprendiendo mejor las áreas de más alta jerarquía de la cognición humana, que incluyen a la toma de decisiones, entre otras cuestiones. Desde una perspectiva neurobiológica la CPF (Fuster, 1997; Haynes, Sakai, Rees, Gilbert, Frith, & Passingham, 2007) en relación a las áreas subcorticales asociadas a los ganglios basales y al cerebro medio, están jugando un papel importante en estos aspectos para la comprensión de la cognición. Se han descrito 5 biocircuitos cognitivos (Zieher, 2003).

Desde al enfoque evolucionista, la corteza prefrontal es una área de la corteza que se extendió grandemente en humanos parientes de otros mamíferos (Schoenemann, Sheehan & Glotzer, 2005), sugiriendo que ella es crítica para las habilidades intelectuales humanas. La importancia de la Corteza Prefrontal radica en que las personas con daño en las áreas de la CPF a menudo exhiben diferentes problemas con un síndrome que se basa en la dependencia medioambiental (Lhermitte, 1983). Dicho sujeto se maneja conductualmente más por el ambiente externo que por planes interiores o metas. Otro ejemplo que podemos relacionar con la CPF, es la actividad onírica. La CPF es una de las áreas del cerebro que deja de funcionar durante los estados del sueño (Hobson, Pace-Schott & Stickgold, 2000), y esta ausencia de actividad puede tener mucho que ver con que se produzca falta de contigüidad temporal y la incapacidad para quedarse realizando una tarea específica (por ejemplo, el mal funcionamiento de la CPF implicaría que se salte de un tema a otro). Para abreviar, la CPF es crítica para el manteniendo del contexto actual del sujeto, las metas, y de la información procesada, pues determina un

estado activo que guía continuamente la conducta de una manera coherente (O'Reilly, Braver & Cohen, 1999). Esto puede ser correlacionado con los experimentos de Capítulo 3.

Se puede declarar que la CPF demuestra ser una estructura cuya función determina lo que se ha denominado funciones ejecutivas. Las mismas plantean lo que en nuestro interior queremos hacer, enfocándose así, de este modo, en las metas subjetivas ante varias estimulaciones o distracciones medio ambientales (ver página 119).

El nivel de descripción de la psicología cognitiva sobre la mente-cerebro, la cual determina la metáfora del ordenador, como un posible medio para la explicación del funcionamiento de la mente, puede verse con un modelo computacional biológicamente descrito por mecanismos subyacentes, mostrando que ellos son de hecho capaz de funcionar de un modo semejante con las inferencias atribuidas a la CPF.

Esta manera de comprender el funcionamiento de la mente-cerebro no significa que los seres humanos son necesariamente como robots, máquinas o computadoras. En cambio, estos modelos muestran los factores que actúan recíprocamente de manera compleja para producir el emergente fenómeno de mando cognoscitivo, en relación a la inteligencia y/ o conciencia final dentro del sistema IMCM (ver Capítulo 4 punto 4.2). El acercamiento teórico al modelo habilita comprender las complejas interacciones, posibilitando así, entender de una manera simple y concreta la interface mente-cerebro (a diferencia de otros modelos que no toman en cuenta la neurobiológico). El modelo del sistema IMCM es el que proporciona detalles y hechos sobre cómo el cerebro podría realizar los trabajos mentales o cognitivos. Sin embargo, el riesgo de ser simplistas, puede ser mitigado construyendo modelos que integran una gama amplia de datos empíricos, de modo que se relacionen muchos niveles diferentes de análisis.

En este trabajo he realizado un estudio para converger niveles múltiples de análisis, para que juntos puedan dar un cuadro notablemente coherente de la CPF. Esto provoca un modelo asociado con la conceptualización de los sistemas modulares y no modulares (redes) que forman parte de la mente-cerebro neuro eléctricamente hablando. La CPF se comportaría de manera computacional o discreta. Este concepto es importante para mantener activamente la información por encendido nervioso sostenido (Fuster & Alexander, 1971; Goldman-Rakic, 1987). Por ello, la información puede durar poco tiempo, como se refiere a la memoria de trabajo (Miyake & Shah, 1999). Además dicha memoria está correlacionada con la actividad de otras áreas corticales, que permanentemente están reverberando u oscilado por estímulos que no son actuales (memoria de largo plazo, entre otras interfaces). De este mecanismo básico, de mantenimiento activo, es posible que se explique una cantidad notable de lo que la actividad de la CPF realiza. Por ejemplo, el mantenimiento activo y voluntario de una meta o representación de un plan o tarea mental o cognitiva que lleva a posteriori a la realización de un trabajo (sistema IMCM). Asimismo pone en juego la liberación de la memoria procedural, para las actividades motoras automáticas. Tales metas pueden mantenerse frente a distractores medioambientales, lo que permite que la conducta sea consistente y coherente en el tiempo. De acuerdo con esto, cuando la CPF no está funcionando correctamente como en el estado de sueño o en el déficit de atención con o sin hiperquinesia, hace que la conducta de un individuo se vuelva menos consistente y coherente en el tiempo (Diamond, 1990). El sistema del que forma parte la CPF también es capaz de ponerse rápidamente de acuerdo con las circunstancias sociales y ambientales, lo cual es crítico para adaptarse rápidamente a las demandas cambiantes del ambiente. Las personas con CPF dañada tienden a perseverar ante las demandas de la tarea cambiantes. Lo mismo les sucede a los niños menores de 12 años que presentan inmadurez de la

función de la CPF (Diamond, 1990). Esta área también juega un papel importante super-visando una conducta necesaria, por que aplica niveles apropiados de control, ej. a nivel emocional como así mismo procesando las otras funciones ejecutivas (Gray, Braver & Raichle, 2006).

La interrogación principal frente a estas cuestiones sería ¿Cómo hace la mente-cerebro para realizar estos mantenimientos activos de control (Top Down Control) con las funciones de actualización rápidas (Rapid Updating) en términos computacionales o del nivel del procesamiento de la información? La respuesta podría resumirse en la combinación de lo analógico y el nivel de cómputo digital. Se considera el resto de la corteza, es decir, sin tomar la actividad de la CPF, presenta una actividad analógica o continua. La CPF presentaría una función en forma discreta o digital. Como puede inferirse todo los estímulos, se codifican como datos de modo que previamente la información es digitalizada (por la actividad unitaria de las neuronas) y se convierte en analógica cuando se integra intermodularmente, para ser presentada a la corteza del prefrontal. Esta última tendría un carácter de funcionamiento mayormente discreto o digital, esto se lo infiere por la actividad reflejada de la actuación mental de la forma humana (es decir con actividades mentales conscientes secuenciales semejante a la actividad lógica y aritmética que realiza el microprocesador, pero a mucha menor velocidad).

La mente-cerebro está en interface con el sistema emocional. Esta tesis la plantea como un sistema redundante de mantenimiento para que el sistema sea activo, pero se configuran así dos sistemas implicados en el procesamiento de la información de modo no consciente o automático. De acuerdo a los fenómenos subjetivos provocados por el sujeto de acuerdo a su historia previa, las neuronas reverberantes del cerebro cambian su polaridad (on-off) como dos estados inestables interrelacionados (ver memoria episódica, como concepto de Firmware). Por ello, a nivel de la CPF la actualiza-

ción rápida (Rapid Updating) requiere un mecanismo que actúe en milisegundos para el cambio constante de las variables del mundo circundante del sujeto. De allí que el cambio configuracional en primer lugar lo establece la interface emoción, determinándose una paradoja. El cierre del estado, lo realizará como el transistor digital de una computadora, la CPF., de modo que a nivel cerebral la información analógica de las diferentes zonas cerebrales, se correlacionan con el manejo digital de la información a ese nivel (O'Reilly, 2006; O'Reilly, Braver & Cohen, 1999) la cual determina su importancia para que se tenga en cuenta dentro del sistema IMCM.

Resumiendo: Un usuario a través de un sistema IMCM toma conocimiento de actividades automáticas o no conscientes que se realizan en su propia mente-cerebro. De esta manera las hace conscientes por que el sistema le reporta un feedback o actualización (Rapid Up-Dating). Dicho feedback es un conocimiento que es utilizado en la tarea mental o cognitiva.

La interface para la realización de un trabajo experimental, en el experimento de esta tesis son las propias ondas alfa del usuario, las cuales son un mecanismo innato, automático y no consciente (no obstante manipulable, ver página 47).

En el experimento realizado los participantes con sus ojos cerrados, y en estado de relajación, producían ondas cerebrales alfa a nivel occipital. Dichas ondas eran reconocidas por medio de un sonido bip el cual les servía como Rapid Updating (actualización, feedback o actividad retroactiva, es decir como evidencia en tiempo y espacio) para la prosecución de la tarea cognitiva (encendido de una luz led y provocar un sonido), en un estado de relajación: Control Top Down o actividad proactiva más retroactiva, que anteriormente hemos desarrollado con relación a la CPF (actividades computacionales en paralelo).

La utilización de una máquina o computadora actualmente tiene en cuenta que en el sistema IMCM solo se registrarán una banda de amplitudes de probabilidades, las que estarían correlacionadas con el pensamiento del usuario, es decir en la toma de decisiones conscientes, diseñado para su uso individual. Este planteamiento formal se relaciona directamente con el concepto de Diseño Centrado en el Usuario (Lewis & Reiman, 1993). De modo que esta característica establece que la máquina, es una extensión del cerebro de un usuario, como lo predijera McLuhan (1964). Dentro de los conceptos originados por las llamadas Tecnologías Convergentes, se plantea el uso de conocimientos derivados de la ciencia cibernética, con la cual se instaura una convergencia del pensamiento comprometido con la computación y la realización de un desempeño humano maximizado, en relación al control y el poder sobre las máquinas. Ya que como ha establecido su fundador: Wiener (1948), dicha ciencia designa al campo total de la teoría de la regulación y de la comunicación, tanto en las máquinas como en los seres vivientes (actualmente entre ambos). De esta manera se presentan diferentes procesos de información, estructuración y de acción final que implican a la categorización de los denominados algoritmos. Dentro de ellos y atendiendo a la idea de un sistema IMCM, encontramos el Algoritmo de Formación, el cual lleva a la formalización de la actividad final de dicho sistema, en el cual se determina la función de coordinación de las conexiones pertinentes: humano máquina.

4.1.- Algoritmo de Formación:

Dentro del algoritmo de formación, se encuentran las partes algorítmicas del sistema, tales como el **algoritmo biológico**, el **algoritmo electrofisiológico o neuro-eléctrico** y el **algoritmo cognitivo** que está determinado por la tarea mental o cognitiva. El algoritmo biológico implica las acciones propias del terreno o sustrato humano (ver

explicación junto con Figura 5 y 6; páginas 72 a la 75). Por el cual, se determina un módulo electrofisiológico a nivel occipital que denominamos componente alfa, dicho módulo es denominado algoritmo neuroeléctrico. Así el algoritmo final de formación del sistema (ver Figura 7) se articula con el algoritmo cognitivo que es la tarea mental o cognitiva relacionada con la señal acústica la que se denomina algoritmo cognitivo (ver página 71 y explicación de las funciones ejecutivas, ver página 76). Todo ello posibilita que se realice el trabajo experimental de manera voluntaria, por la intención firme del usuario. El algoritmo cognitivo, como se expresó anteriormente, está determinado por el usuario cuando éste conoce que sus procesos automáticos o no conscientes, a nivel cerebral, pueden ser utilizados para un propósito o trabajo experimental (ver Figura 8). A continuación se muestra un diagrama (ver Figura 7) por medio del cual se sintetiza la jerarquía de un sistema IMCM:

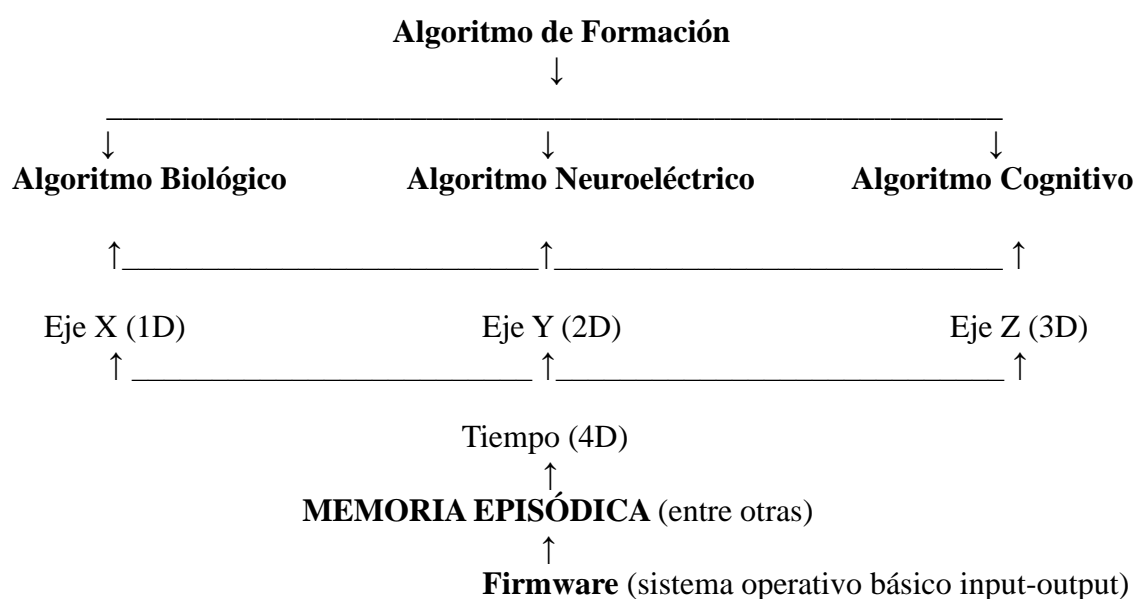


Figura 7: Niveles de configuración del sistema IMCM.

Por otra parte, si tenemos en cuenta determinados conceptos, tales como:

Señal acústica, que se transforma por los procesos cognitivos en Dato, Información o

texto, por la Conocimiento-Inteligencia-Conciencia (ver Figura 3), se podrá dar una mejor comprensión del sistema IMCM en relación a la experimentación antes desarrollada. En primer lugar, el experimento determinó que el concepto de señal acústica se transforma a dato y posteriormente a la utilización de este, como información. Dicho conocimiento forma parte del participante, y es posible por que el sujeto desea participar del experimento del sistema IMCM. Cosa contraria ocurrió con el grupo control, que si bien tenía la intención y el deseo de participar en el experimento no hizo uso del sistema IMCM. De esta manera, la señal acústica, para el grupo experimental remite a un Dato, del cual sabe su causa. Dicha causa es la evidencia que el mismo usuario está realizando un trabajo dentro del sistema IMCM con sus procesos automáticos o no conscientes, por medio de las ondas ritmo alfa. Esta información, no la poseían los participantes del grupo control. No obstante ello, los participantes del grupo experimental realizaron así la tarea cognitiva o mental, la cual se halla implicada en su propio conocimiento-inteligencia-conciencia, lo que determina que se posea un Significado. Dicho significado se relaciona dimensionalmente, por ello dentro de un plano horizontal, se produce la codificación del trabajo experimental, conjuntamente con el Control y Poder sobre la máquina (plano vertical).

Por último, el signo o dato antes mencionado, que implica tanto a la memoria de trabajo como a la memoria conceptual, en los participantes del grupo experimental (no así para el grupo control) pasa dimensionalmente por la mente-cerebro del usuario, por distintas funciones, tales como: la sintáctica, la semántica y la pragmática. Cada una de ellas tiene dos aspectos: uno constructivo, dado por los componentes innatos de la mente-cerebro y el otro estadístico (resuelto por las mediciones pertinentes de tiempo de reacción y utilización del signo). Siendo la función pragmática la que está orientada imperativamente al trabajo experimental del sistema IMCM. Todo ello hace referencia a que el

usuario hace uso de su intención para la utilización de dicho sistema. El interés por el valor de la señal acústica transformada en Signoo dato, se verá resumida por medio de una diagrama como a continuación se muestra (ver Figura 8).

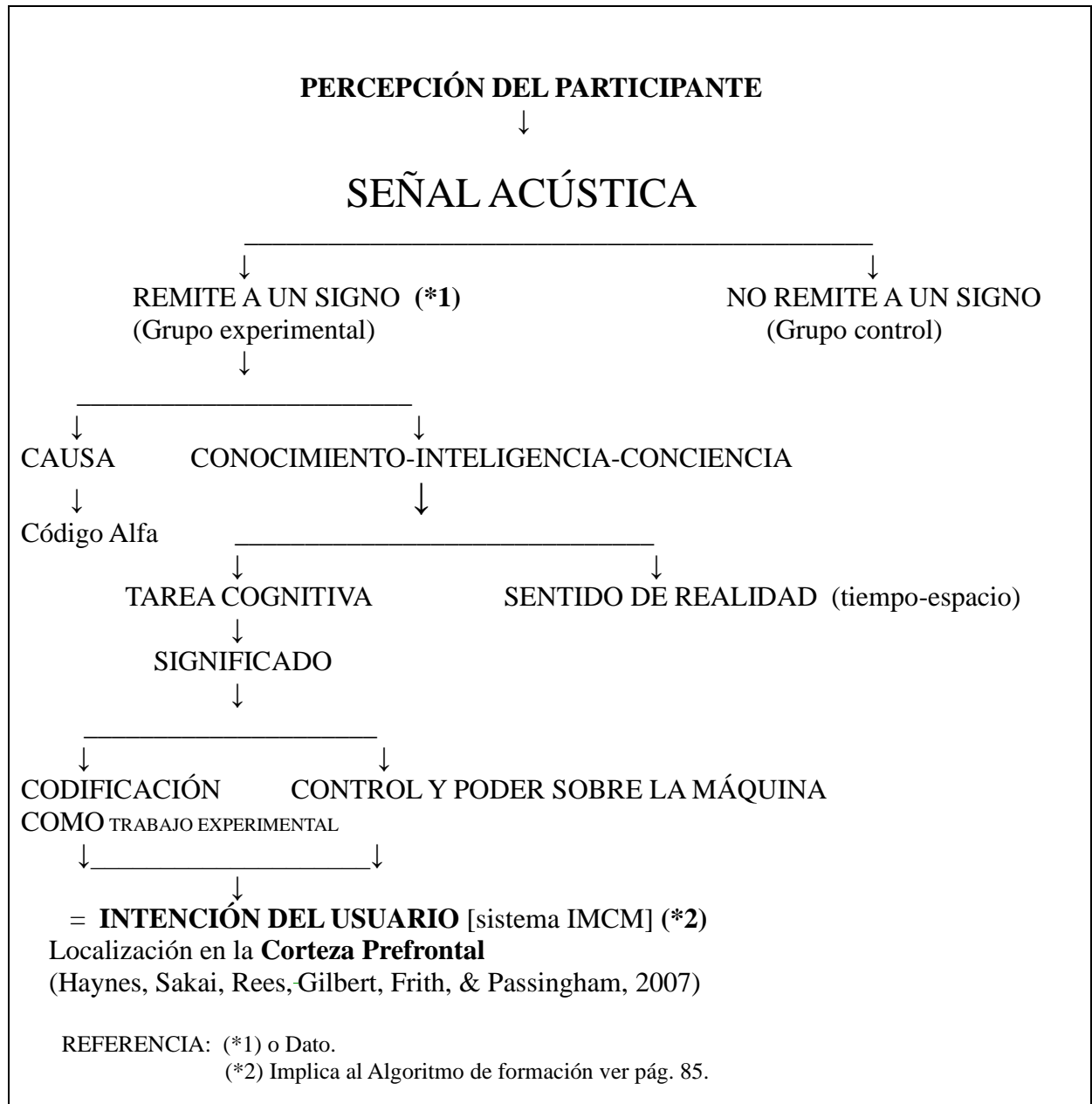


Figura 8: La percepción de la señal acústica y la intención del usuario.

Como se puede observar al final del diagrama de la Figura 8, se presenta el término **intención** del Usuario (Haynes, Sakai, Rees, Gilbert, Frith, & Passingham,

2007), los procesos implicados en la intención de un usuario del sistema IMCM, se pueden resumir con los siguientes puntos:

1ro. Función de memorias: memoria de trabajo, retrospectiva, episódica, memoria de largo plazo

2do. Función de atención: por cambio de foco (atención dividida) y la atención selectiva,

3ro. Función de autorregulación de la conducta: autocontrol, autorregulación verbal y control motor,

4to. Funciones ejecutivas: fundamentalmente planeamiento y todas las nombradas anteriormente y

5to. Función motivacional: regulación de la emoción y mantenimiento activo de la intención en el tiempo.

Así el pensamiento de un usuario está determinado por diferentes niveles de procesamiento de la información, lo cual se articula con diferentes mecanismos dentro de la mente-cerebro. Dichos procesos tienen diferentes características, son el producto de la actividad que realizan las neuronas o unidades bioeléctricas. Cada neurona asocia su actividad a las de otras neuronas de una manera dimensional, lo cual determina una configuración funcional constructiva (cognición), que se correlaciona con una porción correspondiente al mundo real del sujeto. Tomado en su conjunto esto determina un módulo funcional, que tiene su límite inferior, determinado por mecanismos innatos. Esta tesis plantea, que el límite inferior de todos los procesos posibles en el ser humano está dado por el concepto de lo innato, mientras que el límite superior es indefinido y dependerá de la biografía propia de cada persona y del destino evolutivo de la humanidad (Darwin, 2004). Estos conceptos se derivan de las implicaciones del trabajo realizadas por muchos investigadores, entre otros cabe reconocer a Nicoletti (2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006) con monos lechuzas. Estos monos van modificando la configuración de la zona modular motora de su cerebro, cuando dejan de utilizar sus propios brazos y pa-

ra su provecho solo utilizan un brazo robótica (ver pág. 20). Pero como formula Pinker (2003), una interpretación errónea de la plasticidad neuronal se puede encontrar en la creencia de que no existe nada en la mente-cerebro que no estuviera antes en la percepción; es decir, la falsa idea de que todo parte de la experiencia. Estas interpretaciones erróneas quieren dejar de lado el rol de aspectos innatos. Pero si el cerebro es un órgano complejo, con muchas partes, no se puede seguir tal conclusión. La corteza primaria de los monos que modifican su forma, de acuerdo a Nicolelis, no es la base de la mente-cerebro sino un dispositivo, uno de los muchos del cerebro, que resulta estar especializado para determinados tipos de procesamiento de señales. De ello se tiene que ese sector modificado por el aprendizaje del nuevo feedback, dado por el brazo robótico, era previamente innato y presenta una estructura, una función y acción así predeterminada, la que pudo ser modificada por aprendizaje. No obstante ello, la neuroplasticidad implica al aprendizaje y no se debe confundir este tema con la posición constructivista, que parte de la tabula rasa, ya que este trabajo parte de una posición que formula lo innato con fuertes pruebas científicas. Por esto, se implica partir de un límite inferior (lo innato) y dentro de ciertos márgenes se producen las variaciones dadas por el aprendizaje. No se debe confundir que el cerebro parte de cero o la nada en su configuración, además siempre que hay aprendizaje hay neuroplasticidad. De modo que todo esto, exige ver una dimensionalidad que se equipa a nivel cerebral, con un aparato de modificaciones biológicas, con reglas de variación y viabilidad posibles (Velocidades genéticas) que permiten las proposiciones y representaciones algorítmicas definidas por estados estructurales de datos (representaciones) que se organizan en sistemas mayores (ver concepto de Firmware).

El cerebro y sus diferentes localizaciones funcionales, presenta una estructuración explicada por los descubrimientos pioneros de Penfield (1958) con estimulación

directa sobre la corteza cerebral, es decir in situ. Ello determinó diferentes continentes o estructuras configuradas desde lo innato (límite inferior del sistema). Estos límites inferiores del sistema pasan por el crecimiento y desarrollo propio del ser humano, el cual desarrolla una tendencia a un límite superior del sistema.

Desde la perspectiva del presente trabajo, y la experimentación realizada, se utiliza el concepto de representación o representaciones mentales. Estas representaciones pueden ser clasificadas en dos tipos: las simples y las complejas. Las primeras, son las señales o estímulos (tanto intra como extra mente-cerebro) que pueden ser transformadas en datos y así constituirse en signo, de acuerdo a la estructuración innata y configuración de la mente cerebro. Mientras que las segundas se forman teniendo en cuenta a las simples pero correlacionadas con la interface lingüística propia de la mente-cerebro, tanto a nivel consciente como no consciente. Dichas representaciones pueden ser utilizadas en un sistema IMCM. Todo algoritmo dentro del sistema IMCM debe establecer representaciones, tanto en el orden del límite inferior, como de la tendencia hacia el límite superior. El cierre final del sistema, estará dado por el límite superior (el cual es dinámico, relacionado con una tendencia cinética), que está realizado por el ser humano dentro del sistema IMCM (algoritmo **flexible, arbitrario, oportunista y provisional**).

Los conceptos utilizados para definir el código alfa, que surgen de esta tesis, pueden establecer las siguientes inferencias: las diferentes posiciones de la neuronas, dentro de la estructura de la zona occipital, determinan un continente (lo innato) que se relaciona con un contenido. Dicho contenido, es lo externo al sujeto; es decir, son las cosas del mundo del usuario. Este contenido son las representaciones. De manera que si el contenido del código alfa, está representado por la sincronización de las neuronas de esta zona (por cierre de los ojos) la desincronización implica, en consecuencia, la distribución de cómo se procesa la información; es decir, como se atiende a los diferentes en-

tes discretos del mundo del usuario. Sperry (1950) planteó una hipótesis, por la cual se afirma que: cuando el sujeto realiza movimientos con los ojos, se realiza una segunda copia o copia interna de esta descarga. Sommer y Wurtz, (2002) establecieron estudiando monos (*Macaca mulatta*) cómo se integraría este circuito de la visión. Plantean la existencia de un circuito corolario, en que los movimientos sacádicos se hayan implicado constantemente. Estos movimientos se desarrollan vía estimulación el tronco cerebral. En la visión, la neocorteza anterior y posterior están relacionadas con estructuras subcorticales. Sommer y Wurtz (2006) prosiguieron sus investigaciones, de modo que la estabilidad de la visión del mundo se relaciona de la siguiente manera. Un sujeto al observar un objeto, realiza varios movimientos sacádicos con sus ojos (movimientos rápidos y cortos, en el plano horizontal, como un scanner, no conscientes). Esto causa imágenes secuenciales en diferentes sectores de la retina. Existe, entonces, una interfaz, (núcleo geniculado lateral del tálamo, clásicamente descrito en la vía visual), que determinada por estos autores es el núcleo medio dorsal del tálamo que se relaciona con los denominados tubérculos cuadrigéminos o colículos superiores que antes de llegar a la corteza occipital envían una vía neuronal secundaria que se relacionan con la CPF como macro procesador. De este modo, a nivel de la corteza prefrontal se registran los cambios secuenciales que se producen en la retina, mientras que la zona occipital recibe la información visual cambiando sus campos receptivos a ese nivel; es decir, se produce la desincronización constante del campo receptivo, antes de que se produzcan los movimientos sacádicos. Configurando todo ello una visión estable del mundo.

Entonces por la actividad bioeléctrica descrita, se explica a las representaciones mentales. Dicha actividad bioeléctrica, refiere a diferentes actividades de las neuronas de diferentes zonas, en relación espacio-tiempo. Por ello, la sincronización (debida al cierre de los ojos) representa a un continuo, calificado como oscuridad, por la

representación compleja. Esta actividad se presenta en la zona denominada calcarina del occipital del usuario, correlacionada con la CPF. La desincronización, se debe a la activación referida a un material discreto que se representa en la mente-cerebro de ese mismo usuario. Ello ocurre dentro de un continuo espacio-temporal, dado por la memoria episódica en correlación con la semántica. Todas estas actividades son automáticas o no conscientes, pudiendo ser puestas a consideración para ser utilizadas por un usuario de un sistema IMCM.

4.2.- Concepto de mente:

Esta tesis estudia el cambio conceptual, el cual refiere al concepto mente, desde el punto de vista precientífico o del sentido común, frente al concepto científico o experimental y de descubrimiento. Para tal fin, se propone un ejemplo paradigmático, de tal manera que dé un fundamento teórico de lo que se quiere plantear. El mismo se refiere a la querella desarrollada por Goethe y Newton, cuando trataron la disputa sobre el color blanco (Sepper, 1988). En esta diferencia se plantea como Goethe desde el sentido común establecía la **pureza** del color **blanco**, y como era un color entre otros colores o matices que se presentan en la naturaleza. Mientras que Newton replica científicamente con que el concepto de blanco o la **luz blanca** está dado por que es una **mezcla**, por lo cual es un color compuesto (es por todos conocidos el disco de Newton por el cual los diferentes colores primarios, representados, al girar se mezclan y forman el color blanco).

Por todo esto, se puede establecer, como el sentido común refiere a la unidad del concepto Mente. Mientras que científicamente, dicho concepto lo refiere a las partes constitutivas de la mente-cerebro y de ese modo se plantea el problema del ensamblado o

enlace final, binding problem. Además de esto, se puede plantear de un modo más correcto y científicamente posible el concepto de interface. El cuerpo humano es para el cerebro una interface en su relación con el ambiente. Por esto la interface es llamada a ser una superficie de contacto.

Las consideraciones precientíficas o del sentido común, también denominadas Folk psychology, realizan unas aseveraciones de tipo cualitativo-comprensivas, que pasan por alto muchos determinantes innatos (como nivel inferior propio del sistema de la mente-cerebro) que implican una relación circular en relación a la determinación de las mencionadas actividades precientíficas⁷. (Breve aclaración: la relación sueño-vigilia y la memoria biográfica determina un límite superior dinámico o tendencia cinética que equivale a ver el mundo de un modo particular. La diferencia es con el límite inferior innato -propio de la naturaleza humana que no se pierde a lo largo de la vida – que se puede determinar como una invarianza). Asimismo se puede observar que un mismo sujeto puede reaccionar, de diferentes modos a una misma señal, según su circunstancia vital. Ésto determina diferentes tendencias difíciles de categorizar como regularidades. Los procesos implicados en el sistema IMCM, se refieren a procesos circulares o recursivos en los que la intervención del usuario los categoriza para el logro de un fin determinado. De este modo la búsqueda de invarianzas, determina el concepto de interface, como una superficie de contacto. Es un concepto que tiene en cuenta la dinámica del proceso inherente al sistema IMCM.

Además se establece conceptualmente, teniendo en cuenta las fuerzas determinantes del crecimiento y desarrollo embrionario, ya que el cuerpo humano es un acontecimiento, es decir un proceso dinámico, que no está restringido al punto temporal

⁷ Es decir no abstraen ni los efectos sobre el propio observador, ni se plantean como el observador produce un efecto sobre sí mismo, y de ese modo estas consideraciones precientíficas creen que están por fuera de toda causa, como una relación objetiva de presencia mas que de representación propia de la naturaleza humana.

de un presente estático, sino que se lo debe entender como un *movimiento* a lo largo de la dimensión temporal.

El cuerpo humano como acontecimiento se modifica por las medidas conducentes a su propio mantenimiento, pero hay un dato parcialmente momentáneo, pero constante en el tiempo que el sentido común denomina el YO. Ese mantenimiento es biológico y su correlato virtual es el psicológico, delimitado por la función psicológica precientífica que separa la mente del cerebro y del cuerpo. Pero dentro del sistema IMCM al Yo se lo trata como signo que da la significación final de procesos entre el ser humano y la máquina. Por otra parte, existen gran variedad de interfaces posibles, producidas por el cerebro-cuerpo de una persona, las cuales pueden ser utilizadas en el sistema IMCM. Toda onda electromagnética que se produzca en el sistema podrá ser captada y ser utilizada en dicho sistema. El caso actual es la utilización de las ondas infrarrojas que se producen en el cerebro y son captadas topográficamente para la realización de una tarea cognitiva ⁸. La utilización de las ondas bioeléctricas es una de las tantas interfaces disponibles. De modo que la luz visible que está presente dentro del cerebro, como los electrones que viajan a la velocidad de la luz, localizados en los iones que realizan el potencial de acción de la neurona y asimismo la energía liberada por el catabolismo del ATP (molécula que guarda la energía del Sol) que se utiliza en las bombas sodio / potasio del potencial de acción, ya mencionado, podría ser consideradas por futuras tecnologías y así la luz captada de modo directo, podría generar una interface para un sistema IMCM, (ver nota 5 pie de página 56).

Siguiendo el modelo estructural de una neurona, podemos establecer que la misma tiene una dimensión y se relaciona en forma tridimensional con otras, a través de sus múltiples sinapsis. Además si se deja la conceptualización del sentido común, de

⁸ Optical Topography, Óptica Topográfica de Hitachi Medical Company, cito en la página de Internet, <http://www.hitachi-medical.co.jp/info/opt-e/index.html>

plantear toda conformación como lineal, podemos toparnos con un concepto dimensional de configuración final, que de acuerdo a la función pertinente, generará un módulo con una tensión bioeléctrica determinada. Cada módulo tiene una función discreta dentro del continuo espacio-tiempo, tanto interna como externa. Cada módulo está en interface con otros módulos que presentan diferentes tensiones bioeléctricas. Todos los módulos están a su vez sincronizados en tiempo y espacio, pero dicha sincronización no implica perder las diferentes tensiones implicadas por las diferentes actividades de la mente-cerebro. Todo ello genera un continuo que circula como información analógica hacia la corteza prefrontal en donde se determina una actividad digital, planteada en paralelo de acuerdo a los programas de acción pertinentes. Se podría decir que es una actividad similar a los pasos que se realizan en una computadora.

El sistema de sincronización o ensamblado final se realiza de manera semejante a un scanner desde la parte frontal hacia la occipital, mientras que la información de las áreas posteriores envían toda la información sensoperceptiva, la actividad matemática o musical a la corteza frontal, por medio de fascículos que conforman el cuerpo calloso.

Dicha información pasa por la interface emocional, entre otras. La circulación de tensiones descripta, podría ser entendida como una máquina universal de Turing. Dicha analogía, que conforma la idea central de una cinta al infinito, lleva información que determina que los compiladores que se presentan en el área de la CPF, en paralelo, funcionen de manera semejante a una computadora serial, con funciones proactivas y retroactivas.

De esta manera las diferencias en las tensiones dentro de la mente-cerebro se correlacionan con las ondas bioeléctricas producidas, estableciendo así una configuración modular, con bases innatas (límite inferior del sistema). De este modo, las interfaces no solo posibilitan el trabajo desde el interior hacia el exterior de la mente-cerebro

en un sistema IMCM, sino que es un concepto que permite comprender las diferentes tensiones y sus relaciones a ese nivel.

Este trabajo de tesis no desconoce los diferentes tiempos que insumen las acciones que desarrollan diferentes configuraciones estructurales dentro de la mente-cerebro. Un caso paradigmático es la anticipación temporal de la mente-cerebro referida a la actividad motora, de una futura acción voluntaria consciente. Ya desde fines de los años 60, en Alemania, en la Universidad de Ulm, se establecieron los potenciales de acción de preparación, cuya medición arrojó un tiempo de 800 milisegundos previos de activación neuronal, referido al conocimiento consciente propio del movimiento próximo a realizar. Estos estudios los prosiguió Georgopoulos (1993), los cuales determinaron fehacientemente estos procesos neurobiológicos. De todo esto se deriva una modulación automática o no consciente (Kilner, Vargas, Duval, Blakemore & Sirigu, 2004). Esto determina tener en cuenta al concepto de interface cuya constitución se relaciona a lo innato, es decir, a estructuras que están preinstaladas y preprogramadas en la mente-cerebro (ver concepto de Firmware). De este modo se puede observar cómo se plantea una anticipación relacionada con el concepto de intención (Haynes, 2007). Los estímulos del medio ambiente, presentan la siguiente distribución: el 95% de esos estímulos ambientales van directamente a la neocorteza, siendo la interface el propio cuerpo, y el 5% se desvían a la amígdala (LeDoux, 1999) (ver página 70 interface emocional; ver punto **a. 2** de la clasificación de interfaces). Si se toma en cuenta esta última estructura cerebral, se debe hacer mención de una temporalidad paradójica, ya que esta posee una velocidad de disparo neuronal mucho más veloz en el procesamiento de la información que el 95% restante, de allí que la emoción, pueda ser calificada como una estructura redundante para la seguridad del individuo (ver LeDoux 1999).

Actualmente dos estudios realizados con Resonancia Magnética Funcional con un total

de 74 participantes establecieron cómo la amígdala está relacionada con la memoria de trabajo (Gray, Braver & Raichle, 2006) (ver página 70 interface emocional. De este modo, se ve cómo se integra la emoción, la memoria de trabajo y la cognición final en la CPF. Como además puede inferirse que la amígdala (implicada en la emoción) a nivel transversal (z) está en relación con la atención y la vigilancia (y), siendo así una determinación más acorde con el concepto de memoria de trabajo; es decir, una manera más integral de entender la función de la interface emoción como se expone en este trabajo.

Por otra parte, la forma que implica a la constitución final, a nivel de toma de conciencia, determina un retraso de tiempo. Las mediciones fueron realizadas por los trabajos de Libet (1979) las cuales consolidan las investigaciones sobre los mecanismos de la toma de conciencia y el papel que desempeña el factor tiempo en los procesos cerebrales. Gazzaniga (1998) sostiene que el tiempo necesario para determinar la intensidad mínima necesaria para producir una sensación a nivel de la corteza cerebral, es decir, entre el estímulo y la respuesta, es de 500 milisegundos. Sin embargo, advierte este autor, que la creencia propia del sujeto, frente a la reacción de los estímulos, es casi inmediata. En realidad se reacciona, tomando conocimiento consciente a medio segundo y, en buenas condiciones psicofísicas, a una décima de segundo. Debiendo distinguir dos secuencias temporales: 1ra. el instante en que el estímulo inicia procesos cerebrales, tales como el movimiento de la mano o el cuerpo, y 2da. el instante en que se toma conciencia del movimiento. En 20 miliseg. una simple estimulación de la piel gatilla un impulso eléctrico en la corteza. Pero desde el instante que el estímulo alcanza la corteza hasta tomar conocimiento de ello, puede pasar medio segundo.

Por otra parte, otras investigaciones realizadas, comparando poblaciones entre tribus de África con poblaciones europeas, establecieron una constatación universal, con relación al paso del tiempo, la cual establece que el presente dura tres segundos para to-

das las personas (Frank, 1995). Tres segundos es el lapso de tiempo que se necesita para distinguir sucesivos impactos sonoros o lumínicos, para guiñar un ojo o para cualquier movimiento corporal. Los factores subjetivos o fenomenológicos de una experiencia cualquiera pueden ser valorados como de prolongada a corta duración, pero son sólo percepciones que no tienen que ver con la conciencia del presente. De allí que se deba tener presente la conceptualización de reverberación o resonancia neuronal que parte de la estructura amigdalina, la cual influye en el modelo, como una interface a valorar en el concepto de mente-cerebro, formando parte primero del carácter, segundo del estado de ánimo y por último de la reacción espontánea del individuo. No obstante esto, se puede predicar un universal, tal que sólo a partir de los 3 segundos, el mundo cobra realismo para la conciencia humana (Frank, 1995), de modo que por debajo de este valor es imposible percibir armónicamente o tener representaciones concientes coherentes y concretas. Siendo el concepto de interface una superficie de contacto, ello implica que los módulos de formación de la mente-cerebro pueden estar funcionando en un mismo espacio pero en diferentes tiempos; es decir, las velocidades de reverberación son diferentes en cada uno de ellos. Para comprender este concepto es necesario tener en cuenta la Teoría Especial de la Relatividad de Einstein (1905; en Kane & Sternheim, 1986), la cual se explicará de manera cualitativa. El tiempo a partir de esta teoría pierde el carácter de absoluto y se transforma en relativo al sistema, dependiendo de la velocidad que se lleve. Es decir que si la velocidad que lleva un móvil se hace cada vez más próxima a la de la luz (cuya velocidad (C) es aproximadamente 300.000 km/seg.), el tiempo pasa cada vez más lento. Para tener una visión más acabada del problema de cómo el tiempo se dilata con respecto a la velocidad, se ha inventado un reloj vertical (ver Figura 9) en donde el tic tac que marca el segundo se realiza por medio de luz reflejada por R y recibida por P Fotodetector. En el reloj vertical, sin movimiento o en reposo, se observa

que la luz incide en R y se refleja a P, de esta manera se marca un TicTac que equivale a un segundo. En la segunda figura se puede observar que cuando el reloj vertical está en movimiento, el TiTac ya no equivale a un segundo sino que dependiendo de la velocidad que se lleve, se produce la dilatación temporal.

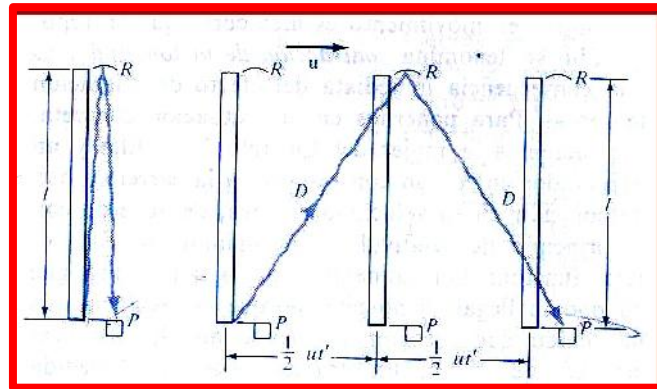


Figura 9: Experimento que demuestra la dilatación temporal con un reloj vertical.

Factor de dilatación temporal. (Referencias: R= Reflector, P= Fotodetector, D= Luz; Tomado de Kane y Sternheim, 1986, p. 527)

El factor de dilatación temporal al depender de la velocidad que se lleva reduce el paso del tiempo. A continuación se muestra la fórmula de la Dilatación Temporal, (deducida por la aplicación del Teorema de Pitágoras):

$$t' = \frac{t}{\sqrt{1 - u^2 / C^2}}$$

Donde t' denota al factor de dilatación temporal, t tiempo en reposo relativo, u la velocidad que lleve el móvil y C es la velocidad de la luz.⁹

⁹ Ver nota 5 al pie de página 56. Lo que explicaría la excitabilidad interna de las neuronas que se correlacionaría con el potencial de acción de las mismas, (relación entre la microfísica con la macrofísica). Asimismo ver (*) relacionado a velocidad genética en Introducción, página: 10

Con esta teoría se puede captar la idea de los diferentes tiempos de funcionamiento dentro de un mismo espacio (cerebro) y de este modo se puede reflexionar como el binding problem, traza una secuencia temporal unitaria por fuera de todos los tiempos particulares de los módulos que se hayan en interface y que comunican a la CPF como diferencias de tensión, la cual procede como un ordenador, es decir digitalmente.

De modo que los fenómenos automáticos o no conscientes configuran una modalidad propia del ser humano. Si se necesitan 3 segundos para formular el presente, ello implica deducir que para representar el mundo la mente-cerebro, no utiliza un marco temporal en relación a su propia descarga neuronal, sino la resultante de un conjunto de tensiones funcionales¹⁰ que pasan por las consideraciones conscientes del signo de realidad a nivel sintáctico, semántico y pragmático; es decir, por una sensibilidad propia dada por la naturaleza humana. Se podría inferir que los tiempos de representación del presente de un insecto, un colibrí o una tortuga no sería los mismos que en el ser humano. Esto último remite a conceptos de la metateoría lógico matemática, es decir, que la valoración final del tiempo se sale del propio sistema, como lo explica el concepto indecibilidad de Godel, ya que es elección situacional interna de valoración subjetiva que se relaciona con un axioma.

De esta manera, las estructuras dimensionales de la mente-cerebro producen la configuración final de una forma, la cual está determinada por la propia naturaleza humana. De esto se deduce la valoración del tiempo que se haya implicado en dos conceptos claves: la sincronización y la oscilación neuronal.

Estas explicaciones implican la función del concepto de interface que se cumple dentro del concepto de Sistemas (Von Bertalanffy, 1976) y de cómo los módulos in-

¹⁰ Ver concepto de ensamblado final o binding problem, página 68.

tervinientes, analizan datos. Estos datos, deben ser tenidos en cuenta y correlacionados con los tiempos necesarios (más las velocidades genéticas intramódulos) para la comprensión final de la mente-cerebro, como así, para el manejo de las diferentes percepciones en relación a la memoria de trabajo y memoria de largo plazo. Cuando se realicen las interfaces con máquinas inteligentes (ver nota 15 pie de página 138) se debe atender estos procesamiento no conscientes y automáticos del ser humano, para que no existan superposiciones con los mandos de cualquier máquina. Por todo esto, los datos espaciotemporales son prioritarios para la construcción de un sistema IMCM, el cual implica el control y el poder sobre las máquinas.

En Filosofía de la mente, Fodor (1985,1986, 2003) define al término Módulo como un mecanismo computacional especializado y que parte de su especialización. Esto es en una limitación arquitectónica impuesta a la información que se dispone computar. Se está haciendo mención que en primer lugar, es un planteamiento que supone que cada módulo tiene acceso a un tipo de información con su entrada de datos y su base de datos propia y nada más. Es decir, se refiere al concepto de encapsulamiento informativo. Pero además existe un manejo de la información de ámbito general y otro de relación específico. Dicho autor refiere que la abducción no puede realizarse modularmente, ya que es un proceso cognitivo central. De esta manera niega la modularidad masiva, la cual forma parte de los conceptos teóricos de esta tesis. Y ello podría ser cierto pues hasta la presente tesis, no se ha planteado un mecanismo de explicación coherente dentro de la modularidad masiva. Si cada módulo maneja una información específica, encapsulada ¿Cómo se produce la creatividad humana? ¿Cómo se determina que algunos módulos se activen y otros no para realizar una tarea cualquiera si cada uno realiza una acción específica?. (Como ejemplo de confusión de actividad modular podemos sugerir la noción de Sinestesia, la mezcla de diferentes sensopercepciones, tales como la audi-

ción y la visión, por lo cual el sujeto al escuchar sonidos ve colores correlacionados en su actividad mental).

Como conclusión parcial, e integrando todo lo expuesto tanto en este apartado como en el resto de esta tesis la mente-cerebro tiene un mecanismo que determina cómo se acompaña la representación de cosas o la realización de tareas. Dicho mecanismo determina los módulos que se activarán y los que mantendrán una actividad a la espera. Este mecanismo es lo que esta tesis denomina el Firmware, un programa en firme que no posee lenguaje natural dado que es sintáctico neuronal relacionado dimensionalmente con la interface lingüística entre otras. Este programa se determina con los primeros 5 años de vida y se va completando con la maduración de la CPF a los 12 años edad, para finalizar con los procesos de asociación que se dan en años posteriores a nivel de la corteza posterior. El Firmware subyace como configuración de nivel más bajo y es anterior o va por debajo de la forma definitiva de la constitución de la memoria episódica junto con las áreas de maduración de la CPF y de las áreas de asociación posteriores. Por ello, los módulos tienen una activación con diferentes tiempos o velocidades, debido a que su implementación se realiza en el espacio-tiempo cerebral del individuo de acuerdo a la velocidad genética propia de cada uno de ellos. A su vez, cada módulo se integra a una actividad que presenta una acción continua, por ello muchos confunden, al no tomar en cuenta el crecimiento y desarrollo del niño, los diferentes tiempos de cada uno de ellos. En los 5 primeros años se ha secuenciado una macro circuitería (ver más adelante macro programación del Firmware) tanto intermódulo como intramódulo y extramódulo, lo que determina una sintaxis dentro de la arquitectura cognitiva de procesamiento consciente como no consciente. Ejemplo de ello, se presenta con la formación del ritmo alfa (proceso no consciente) y la toma de consciencia del dato acústico por el cual los participantes con su intención realizan un trabajo consciente

(descrito en el algoritmo cognitivo, ver página 84). Es decir que si bien todas las neuronas de la mente-cerebro están funcionando al mismo tiempo en la vigilia, la anteroalimentación propicia en cada módulo una retroalimentación, que puede ser positiva o negativa. Pero la secuencia que indica **qué módulo** aumentará su velocidad genética para realizar una tarea específica de módulo, está determinada por el concepto de Firmware, el cual se programó a través de los 5 primeros años. Dicho programa es un proceso no consciente, y paralelo a la interface lingüística, la cual utiliza. Pero como es sólo sin-taxis no puede ser expresada, dado que es un proceso anterior u oculto (preprograma). Esto determina una modalidad de ser para sí como para con el medio, que tiene un ser humano sano.

De este modo la información de acción específica, es decir, las computaciones locales encapsuladas de un determinado módulo, se relacionará con el producto final, es decir la información de otros módulos, de acuerdo a las órdenes del Firmware, los cuales serán atendidos por la CPF como ya hemos indicado. Así el Dimensionalismo Estructural Humano elicitó un eje Y determinado por la actividad arousal conjuntamente con la del Firmware (cuya acción es tetradimensional), un eje Z configurado por la integración inter hemisférica, un eje X que presenta la actividad digital de la CPF y la acción del scanner final dado por la actividad comentada en el binding problem. Mientras que el eje 4D del tiempo lo refiere a la actividad de la memoria episódica en conjunto con la semántica. Todo lo cual determina un modo auténticamente real de conceptualizar al ser humano. A continuación pasamos a describir el concepto de Firmware.

4.3.-Introducción al concepto de Firmware:

Esta tesis como se enmarca dentro de la Psicología Cognitiva, utiliza la metáfora del ordenador o computadora, que por analogía, desarrolla conceptos que propenden al entendimiento del funcionamiento de la mente-cerebro. Además en este trabajo se realiza una convergencia de conocimientos implicados en varias ramas de investigación científica, por medio de las cuales se formula la comprensión del sistema IMCM. Debido a todo esto, existen conceptos propios de la ciencia de la Computación que pueden ser extrapolados y ser utilizados en el entendimiento de la mente-cerebro. Dentro de esta última ciencia, se encuentran los siguientes términos: Hardware, Software y Firmware, que componen el concepto final de computadora. Existen dos modelos de arquitectura de configuración de ordenadores o computadoras, el modelo de Von Neumann y el modelo de Harvard (ver Figuras 10 y 11 respectivamente).

Como menciona Aspray (1993, pp. 245) “Los neurofisiólogos están en deuda con John Von Neumann”. Este último, para la configuración de la arquitectura de una computadora estudió el cerebro y biología. Hizo un estudio sobre la retina, de cien millones de fotorreceptores, en la entrada reducía el canal a un escaso millón de células ganglionares para la salida al cerebro. Señaló que en esta pequeña célula ganglionar fotorreceptora-bipolar-lógica de profundidad deben haber funciones **precalculadas** antes de la transmisión al cerebro. En consecuencia entre las neuronas existiría un ordenamiento de cómo calcular de manera ordenada y sistemática funciones para realizar a cabo. Por todo esto, Von Neumann, en una conferencia que realizó en Atlantic City, año 1958, Conferencias Silliman: estudio comparativo de la computadora y el cerebro (Aspray, 1993), desarrolló una descripción en comparación entre las máquinas digitales y los procesadores biológicos de información. Este autor, describe al sistema nervioso humano como procesador de la información y ofreció varias comparaciones entre uno y otro, tales como: velocidad, consumo de energía, tamaño, eficacia y cantidad de componentes básicos de

conmutación. Las computadoras tienen como función principal manejar información y procesarla para cumplir con las tareas requeridas por un usuario. Las computadoras son complejas desde el punto de vista técnico, pero simples desde el punto de vista conceptual (Long , 1999). La podemos definir, como todo aparato destinado a procesar información; entendiéndose por proceso, las sucesivas fases de manipulación o transformaciones que sufre la información para resolver un problema determinado. El sistema procesa la información de acuerdo a las unidades de entrada, de salida y/o almacenamiento llevada a cabo por la Unidad Central de Procesamiento donde se encuentra el microprocesador que es el núcleo de la computadora encargado de ejecutar las instrucciones de programa. De manera que en la computadora puede presentar un modelo básico de tres niveles o componentes: el Hardware (HW), el software (SF) y el Firmware (FW). El HW es la parte material y corresponde al nivel de lógica digital, donde un bit (del inglés binary digital; es decir, número binario: 0/1 que corresponde a un cable o hilo de unión entre un dispositivo y el microprocesador). El microprocesador está constituido por compuertas lógicas (transistores), memorias, buses, temporizadores, fuentes de poder, cables, etc. El SW está formado por programas de aplicación: compiladores, editores de texto, Planillas de cálculo, etc.; programa del sistema operativo, que como una interface entre usuario y la máquina controlan las operaciones de una computadora. El FW presenta una función dual ya que es SF incorporado al HW en su construcción, el sistema básico de entradas y salidas (BIOS) es un FW. Atendiendo a la funcionalidad de todas las partes mencionadas, se debe hacer mención del sistema operativo (SO). Este último refiere a un programa de sistema fundamental, además administra los recursos de la computadora tales como: el microprocesador, memoria, dispositivos de Entrada/Salida o Periféricos. Proporciona al programador instrucciones de alto nivel para manejar el HW, asimismo es una porción de SF que se ejecuta en modo kernel o supervisor al HW

fuera del alcance de la manipulación del usuario. En consecuencia de ello, una computadora es un sistema (Von Bertalanffy, 1976). Mientras que existen formas de ejecución de modo de supervisión inherente a la máquina o sistema computacional que realiza las interrupciones de disco, direccionamiento de la energía para el manejo de la información, control de accesorios, etc. en la que **no interviene el usuario**. De ello se infiere que el sistema operativo es un sistema multinivel en el cual se puede observar: 1ro.- un nivel material de partes dentro de una jerarquía de niveles que modelan una computadora en su constitución física, y 2do.- un nivel de jerarquías y manejo de máquina virtual = máquina de universal de Turing. Dicho nivel se relaciona con el concepto de Firmware: microprograma o memoria de funcionamiento de HW que posee: a.- un set o conjunto de instrucciones cercanas a las programas de SW implicados en los usos de usuario (programa de alto nivel) y b.- un programa de bajo nivel que se haya implicado en la funcionalidad propia del HW. Tanto el punto a y b se implican con el HW constituyendo una dualidad de máquina material y máquina virtual inseparable para el funcionamiento adecuado de la máquina. A continuación se presentan dos modelos de arquitecturas El modelo de Von Neumann y el modelo de Harvard (ver Figuras 10 y 11 respectivamente).

Figura 10: Modelo de Von Neumann. Universidad de Málaga. Tomado de la URL:

www.juanfc.lcc.uma.es/EDU/EP/trabajos/T102-ModelosComputacionales.pdf

Figura 11: Modelo Harvard. Universidad de Málaga. Tomado de la URL:

www.juanfc.lcc.uma.es/EDU/EP/trabajos/T102-ModelosComputacionales.pdf

Dichas arquitecturas se caracterizan por la forma en la que distribuyen la memoria de datos y de programa dentro de un microprocesador o microcontrolador. Los términos que aparecen en ambas Figuras se explican a continuación:

Bus: significa transporte y, a su vez da direccionamiento a la información que es la electricidad.

Memoria RAM: es la memoria en la que se almacenan todos los datos de los programas en ejecución. Esta memoria RAM – cuyas siglas significan RANDOM ACCESS MEMORY- es muy rápida, pero se borra cuando se apaga la computadora ,es una memoria volátil.

Memoria ROM: Es una memoria especial, ROM es la sigla en ingles de READ ONLY MEMORY, la cual implica que es una memoria permanente del sistema, dentro del microprocesador o microcontrolador. El sistema operativo necesita de esta memoria pues en ella se inscribe el sistema básico de entrada y salida al sistema el BIOS (BASIC INPUT OUPUT SYSTEM). El programa básico que contiene las instrucciones básicas para acceder a los diferentes dispositivos de entrada - salida, algunos tests de funcionamiento, la secuencia de arranque, etc. es el Firmware que más adelante trataré.

CPU: Se presenta al usuario como un gabinete, en el cual se encuentran:

a.-fuente de alimentación

b.-placa base, en donde se encuentran:

microprocesador con su disipador de calor

módulo de memoria RAM

tarjetas de expansión (gráficos, audio, video, de redes...)

conectores de Entrada / Salida (USB, puerto serie, puerto paralelo, teclado ratón , etc.)

BIOS

Chips de control de Buses

Chips de Entrada / Salida

Ranuras de expansión

- c.- unidades de almacenamiento:
 - discos duros
 - unidades de DVD/CDrom
 - unidades grabadora de DVD/CDrom
 - disquetera
 - lectores de tarjetas de memoria
- d.- periféricos:
 - teclado
 - mouse
 - monitor
 - etc.-

Reloj: Para realizar las operaciones secuencialmente, el microprocesador necesita sincronizar todas las señales internas y externas, por medio de un patrón de tiempo, es lo que se denomina Reloj del microprocesador.

Como puede observarse el modelo Von Neumann (ver Figura 10) se caracteriza por disponer de una única memoria principal en la que se almacenan los datos y las instrucciones. A esta memoria se accede a través de un sistema de buses únicos: bus de datos, de direcciones y de control. Este modelo se usa hoy día para describir los lenguajes de programación convencionales y es la base de prácticamente todos los modelos de ordenadores.

Mientras que en la arquitectura Harvard, el modelo se caracteriza por tener la memoria de datos separada de la memoria del programa y éstas a su vez están unidas a la CPU a través de buses independientes, luego, pueden tener distintos contenidos en la misma dirección. La arquitectura de Harvard permite a la CPU acceder simultáneamente a las dos memorias.

Por otra parte no se debe confundir las instrucciones de programas de usuario con el concepto de FW el que a continuación se explicita.

4.3.1.-Concepto teórico del Firmware en Ciencias de la Computación:

El Firmware o Programa en firme, es una memoria fija de instrucciones, definido dentro del concepto de microprogramación (Wilkes, 1986). La microprogramación es la escritura de programas que llevan a cabo la función de la unidad de control mediante la descripción de sus fases como una secuencia de operaciones elementales. La microprogramación introduce un sustrato de programación bajo el lenguaje de máquina del ordenador, que posibilita la definición de sus instrucciones y, en consecuencia, la modificación del funcionamiento del ordenador a nivel funcional básico. Es una parte integral de los computadores modernos de gran importancia al considerar la seguridad y rendimiento de los sistemas operativos y consiste en un conjunto de pequeños programas secuenciales, microprogramas, formados por microinstrucciones, siendo éstas las que realmente interpreta el 'hardware'.

Las microinstrucciones se pueden clasificar en horizontales y verticales. Las verticales proporcionan un control explícito de las funciones en puntos determinados dentro de la unidad central de proceso. Generalmente, las microinstrucciones verticales contienen campos codificados y describen operaciones a ser realizadas por ciertos elementos de la unidad de control, la unidad aritmética y lógica, y por las fuentes y destinos de información que pasan entre estas unidades. Una microinstrucción vertical típica especifica el movimiento de un campo entre registros. El microcódigo horizontal es bastante diferente, son programas de máquina difíciles de codificar y depurar que cada fábrica le proporciona a ese microprocesador. Por ello el firmware está entre el software y el hardware. Se trata de programas y datos propios de la máquina e insertados en hardware. Por ejemplo, el BIOS es parte del firmware de una computadora, como antes se mencionó.

4.3.2.-Psicología Cognitiva y Firmware:

La unión de un óvulo y un espermatozoide determinan, si las condiciones micro ambientales son propicias, el nacimiento de un ser humano. El punto central de esta presentación es definir el concepto de cognición y firmware partiendo del inicio de la vida del ser humano. Lo interesante a remarcar es que una célula con su genética completa formará las diferentes partes de una persona. Dicha célula inicial se ha dividido de tal manera que ha organizado una estructura final: el cuerpo humano. Esta organización se debe a que las diferentes células, producto de la división inicial, se relacionan y realizan actividades diferenciadas, las cuales dependen del tiempo y lugar en el que se hayan ubicadas, lo que determina una configuración final. Esto es digno de ser tenido en cuenta, ya que la composición de la mente-cerebro está determinada por las diferentes áreas de Brodmann, las cuales señalan no sólo diferentes posiciones en la corteza cerebral sino diferente composición de células neuronales. Ello implica pensar en las diferencias fenotípicas de las neuronas en cada área, las cuales tendrán la misma genética pero de acuerdo a su posición o lugar espacio-temporal dimensional, una función distinta y por ello velocidades de acción diferentes a otras áreas. Todo esto lleva a observar la no homogeneidad de la configuración final de cada área. Es obvio que este proyecto (como localizador sincrónico y diacrónico biológico espacio-temporal) está inscripto en diferentes momentos de la actividad genética propia de la naturaleza humana. Dicho proyecto determina las estructuras básicas por las cuales se derivarán todos los tejidos primitivos y por medio de éstos, los órganos y sistemas que serán adecuados para la vida extrauterina. Todo esto refiere a un programa que está determinado por la naturaleza humana, el cual se auto procesa bajo la dirección única de la viabilidad para la vida. Es decir, no existe un director físico que ordene, como un homúnculo, lo que se puede o no se puede realizar dentro del sistema, sino que la articulación del sistema viviente está dada por las diferentes velocidades relativas (Yu & Chang, 1995; Zhang, Yu, Sun &

Popp, 1997) que llevan las propias células al dividirse debido a su localización dimensional. Estas velocidades se deben a que las células van perdiendo la **totipotencialidad de la célula inicial** ¹¹, de este modo, se configura el futuro cuerpo humano, soportando las fuerzas físicas de la naturaleza. No obstante ello, el crecimiento y maduración lleva varios años en el ser humano, debido a esto se dice que el ser humano nace inmaduro (Insúa, 1981). Esta inmadurez es el grado de libertad con que nace el individuo, que a diferencia de otros animales, completa su configuración final, a lo largo de varios años. Esto determina el funcionamiento de estructuras modulares, que a nivel de la mente-cerebro, realizan las cogniciones tanto conscientes como no conscientes de capital importancia la supervivencia del individuo. La cognición nada tiene que ver con contenidos o conocimientos a nivel epistemológico (ver página 61). El nivel epistemológico se relaciona con el producto del conocimiento que depende de la actividad cognitiva del ser humano.

Si se correlacionan las grandes áreas posteriores y anteriores de la mente-cerebro, se tiene que las representaciones simples pueden ser divididas en dos grandes grupos las representaciones posteriores o reproductivas y las representaciones anteriores o interpretativas. Estas representaciones, a grandes rasgos, están determinadas por cogniciones. Las representaciones posteriores o reproductivas están preprogramadas por determinadas funciones (orientación, focalización y selección del material que disponga la mente-cerebro) interrelacionadas con las representaciones anteriores o interpretativas. Por el procesamiento de mecanismos ensambladores se realizaría a posteriori, mediante reglas de traslado, la categorización y clasificación del contenido de la cogniciones, las que de un modo analógico se encaminan, hacia la zona de la CPF para ser analizadas digitalmente. Estas cogniciones son las que se implican en las representaciones ante-

¹¹ Totipotencialidad: término biomédico por medio del cual se define que cualquier célula del huevo o cigoto es capaz de desarrollar otro embrión de la misma característica genética (clon o gemelo).

riores o interpretativas, las que pueden o no ser representaciones complejas. De esta manera, las cogniciones se ajustan a reglas y funciones. Se trata de un sistema programado genéticamente de estructuras dimensionales. Dicho preprograma estructural (otorga la configuración de procesamiento cognitivo de bajo nivel dentro del concepto llamado D.E.H.) refiere a operaciones que se llevan a cabo para la constitución de las representaciones posteriores o reproductivas, las que son perceptivas por naturaleza y están determinadas por una secuenciación fija de rangos y menús de programas, los cuales como algoritmos de computación local reproducen un objeto de un modo cada vez más abstracto (pasaje de objeto real a representación reproductiva y luego a la zona anterior del cerebro <CPF> para realizar la representación interpretativa).

La cognición es un programa de procesamiento de información, que parte de los estímulos, tanto internos como externos al individuo, transformándolos en datos conscientes o no conscientes. El procesamiento de la información es una acción que produce una mayor abstracción de la información, por ejemplo la luz proveniente de un objeto rojo que impacta en la retina, no es lo mismo que el procesamiento del rojo, como información, dentro de la zona occipital de la mente-cerebro y menos aún en la CPF. Estos procesamientos que determinan representaciones dadas por las diferentes cogniciones que realiza la mente-cerebro, son programas que operan sin experiencia previa; filosóficamente hablando son formas a priori. Dicho programa es una configuración de reglas y funciones de cómo procesar, por ejemplo, objetos que se presenten en la conciencia de un individuo. De esta manera los programas y preprogramas (Firmware) no procesan información pasivamente, sino que construyen en forma activa las realidades interiores y exteriores de un individuo. Por eso esta tesis, teniendo en cuenta las diferentes velocidades genéticas, propone que el accionar de la mente-cerebro (como hardware,

y firmware), esté construido como una previsión del mundo, ya que sus formas a priori “esperan” enfrentarse con categorías diferentes del mundo y la realidad (Reyes, 2002).

El programa que determinaría cómo las cogniciones se articulan coherentemente y sin superposiciones, está en relación directa con un preprograma que se denomina Firmware o programa en firme, el cual es un programa de funciones ejecutivas de bajo nivel. Como programa el Firmware preprograma fundamentalmente al sistema, ya que administraría los recursos de la mente-cerebro en diferentes tiempos del crecimiento y desarrollo del ser humano. Además proporcionaría instrucciones de alto nivel para el manejo del cerebro en sí y de bajo nivel para los programas de la mente que se articularon en los primeros 5 años de vida. Por lo tanto es un híbrido entre software y hardware. El formato de instrucciones que se lleva a cabo a nivel del software o programación de la mente-cerebro, es un nivel de supervisión ejecutiva tanto a nivel conciente como no conciente. Por otra parte las relaciones funcionales de diferentes módulos son llevadas a cabo por compiladores que producen la codificación pertinente, traslado de información digital a analógica, como la recodificación analógica a digital a nivel de la CPF. Esta recodificación es semejante a un conversor analógico-digital (CAD) cuando se utiliza las ondas electroencefalográficas para ser utilizadas en el uso de una computadora, pero la diferencia que este procesador digital, que se halla en la CPF puede por tomar decisiones con relación a la anteroalimentación. Por otra parte ese modo ejecutivo, produce interrupciones parciales que focalizarían la información tanto a nivel conciente como no conciente, los cuales se explicarán más adelante.

Este programa determinaría modularmente la secuenciación y combinación de las representaciones propias de cada una de las cogniciones que realiza la mente-cerebro en un determinado tiempo, las cuales son procesadas por las funciones ejecutivas de alto nivel (digitalmente por la CPF), y a su vez realizaría procesamientos directivos de cómo

“cargar” en la memoria de largo plazo, datos o información, como resultados propios de la actividad de la mente-cerebro. De esta manera el Firmware humano se lo puede plantear como un método de diseño de la lógica de ensamblaje para el procesamiento de la información. El procesamiento de la información que realiza el Firmware es tetradimensional, ya que es un procesamiento central, constituido por todos los módulos de procesamiento de la información conscientes y no conscientes, el cual se ajusta por anteroalimentación. Para poder comprender la articulación del hardware y software que representa el Firmware se debe mencionar la complejidad de las interrelaciones que se producen a nivel: 1.- embriológico, 2.-fetal y posteriormente en la vida extrauterina.

Dentro del concepto DEH se plantea entre la dimensión propia de la maduración y crecimiento del cerebro, eje X, la dimensión relacionada con crecimiento y desarrollo de la mente-cerebro, eje Y, la dimensión de intercambio social en el que se halla el ser humano. Por esto, se aclara que esta tesis conceptualiza el Firmware por fuera del constructivismo social, que se resume en el concepto de tabula rasa. En el concepto de Hospitalismo¹² si bien es cierta la necesidad propia del ser recién nacido, su mente-cerebro construye el mundo como previsión de modo innato de acuerdo al momento del acontecimiento humano, es decir su edad o velocidad genética. Además se podría inferir lógicamente, sin caer en el concepto de Tabula Rasa o de Constructivismo, que si el funcionamiento de la amígdala antecede al funcionamiento del hipocampo y de la corteza temporal (lo cual determina la falta de memoria episódica y semántica) es indudable que la falta de estimulación amorosa en el bebé (hospitalismo) no complete la prosecución del ensamblaje innato y promueva la muerte. Pero estudiar bebés no es tarea fácil y menos aún con Resonancia Magnética Funcional, dado que los bebés lloran, se mueven, tienen hambre y requieren a sus madres entre otras cosas, etc. No obstante ello, Dehaene-Lam-

¹² Hospitalismo, implica atender al niño pero sin el afecto o cariño, es decir cumplir con lo mínimo para que siga vivo. No obstante ello, los bebés pueden llegar al marasmo psicológico y biológico.

bertz et al. (2006) realizaron un estudio con recién nacidos, con una edad de 3 meses, y por medio de esta técnica demostraron que utilizan las mismas áreas cerebrales que el adulto para la comprensión del lenguaje hablado, a pesar de no poder hablar dicho idioma (ver página 23 **interface lingüística**, punto 2.3.2.a.-Invasivos). De modo que esto afirmaría parcialmente la posición de innatismo que sostiene esta tesis modular masiva.

En la Figura 3 (ver página 65) se ilustra que el procesamiento de la información de dato a texto o información, conocimiento, conciencia e inteligencia, correspondía a un nivel dimensional de gran abstracción a nivel de la mente-cerebro. De este modo el Firmware como preprograma que tiene dos componentes software y hardware, se relacionarían como un proceso continuo cuyos niveles modelan la actividad de la mente-cerebro. Esto es debido a que posee un set o conjunto de instrucciones, algunas cercanas a la inteligencia y conciencia (procesamiento cognitivo de alto nivel no automático o consciente) y otras alejadas de aquellas como procesamientos cognitivos de bajo nivel automáticos y no conscientes. Los formatos de instrucciones realizados en el tiempo por el Firmware se extienden a los diferentes ejes, X, Y, Z .

Cada módulo tiene feedback positivos y negativos, pero el Firmware produce el cierre final del sistema con la anteroalimentación (actividad consciente) en un sujeto adulto sano. El Firmware además está comprometido con los relojes biológicos –sueño / vigilia-. Entonces se establece que el Firmware es un preprograma que elicitaba en diferentes fases secuencias dimensionales de ejecución de preprogramas, los cuales determinan operaciones simples y complejas a nivel de hardware o cerebro. Este preprograma determina instrucciones de bajo nivel, pero siendo el Firmware en parte hardware y en parte software, se implica en acciones dimensionales conscientes y no conscientes. Dentro de las conscientes se puede establecer acciones que proporcionan un control explícito de orientación, focalización y selección de material como funciones

determinadas entre diferentes módulos de procesamiento. Este concepto determina que si bien un módulo implica encapsulamiento de la información, el Firmware humano podría articular la entrada de información a dicho modulo como asimismo su salida, para ensamblarla conscientemente a otro/ros en la obtención de un resultado final para dicho individuo. Estas instrucciones tienen campos codificados y describen preoperaciones modulares a ser realizadas tanto a nivel consciente como no consciente. El Firmware a nivel consciente estaría implicado en unidades de preprocesamiento de control racional, unidades de lógica y aritmética, ya que es un programa para programas, el cual determina una secuenciación dimensional a nivel de las funciones ejecutivas de alto nivel (CPF como sistema operativo digital, no olvidar su relación con el área posterior o postRolándica en la que se hallan las zonas de representación perceptual y área de las matemáticas como otras de procesamiento lingüístico, entre otras).

Diversas acciones del Firmware, proporcionan un control implícito, ellas implican actividades de codificación de campos del preprograma (es decir de estímulo a salida de datos de un modulo, de dato final para se procesado adecuadamente por otro módulo, por ello es una codificación a nivel intermódulo), esta codificación se realiza en paralelo teniendo en cuenta diferentes cognisciones no conscientes. Por ejemplo, los datos que ingresan como contenido de conocimiento para ser manejados por los módulos cognitivos a nivel consciente, tienen una variabilidad y viabilidad propia para cada ser humano de acuerdo a como se han ensamblado los programas modulares a lo largo del crecimiento y desarrollo del individuo (correlacionados con la evocación a nivel de las memorias de largo plazo). El Firmware realiza gestiones tales como las inhibiciones o interrupciones parciales correspondientes dentro de una actividad mental (ejemplo la réplica del experimento de Adrian (1946) o la manipulación del ritmo de onda alfa), como asimismo el mantenimiento del ensamblado parcial correspondiente a la tarea an-

tes mencionada (entre conscientes y no conscientes). No obstante ello, como el Firmware humano pertenece a su vez al hardware. La mente-cerebro no puede ser comprendida en su totalidad por la metáfora o analogía cerebral o conexionismo o procesamiento en paralelo, dado que las redes pierden la identidad propia en cada procesamiento y a su vez necesitan una programación previa para su funcionamiento. Por ello se refiere a el Firmware. Además este concepto, en el ser humano, está en relación directamente con la anteroalimentación de las unidades de programas que procesan diferentes datos de acuerdo a los cambiantes estímulos. Por esto último tiene funciones primitivas o de bajo nivel, las que permiten sincronizar y controlar el acceso de datos y recursos compartidos dentro de rasgos específicos, es decir computaciones preprogramadas en relación al contexto dada la naturaleza humana. Estas computaciones preprogramadas en relación al contexto determinan el funcionamiento de la memoria de largo plazo.

De allí que el Firmware siendo una preprograma que actúa como una interface tetradimensional determinaría a los programas modulares con diferentes controles y ensamblajes para la realización de cogniciones conscientes y no conscientes. Dentro de estos conceptos se podría observar cómo las operaciones que realiza el FW en la mente-cerebro presentan el concepto que denomino: **Acumulador Transitorio** (AT). Este explica como las operaciones que realiza la working memory tendrán un operando el cual debe ser retenido en este registro, mientras la operación total debe ser retenida por la memoria a largo plazo. Esto se determina por un preprograma que corre como de bajo nivel o procesamiento no consciente de nivel bajo para poder realizar la cognición de nivel alto que es el trabajo con la memoria de corto plazo. Un ejemplo de la falla de AT es la alucinación, definida como la percepción sin objeto (Vallejo Ruiloba, 1998), la misma se realizaría por operaciones de bajo nivel (fuera de Fase), las cuales ocupan el trabajo de la memoria de corto plazo, debidas a fallas en el Firmware.

Otra característica del Firmware está en relación al concepto **Indicador Principal de Ejecución** (IPE), este nivel bajo de cognición es un preprograma que determina un procesamiento consciente como no consciente. De esta manera el IPE estaría implicado en el ensamblaje final de información, ya que realiza una codificación entre el resultado de acoplar cognitivamente diferentes resultados de diferentes módulos (función analógica). El IPE está implicado en las instrucciones de codificación intermodular para la ejecución del programa global realizado por las funciones ejecutivas de alto nivel en la CPF (función digital). El Firmware poseería además una actividad que permite el registro y la dirección correcta del almacenamiento de la información, el cual esta Tesis denomina **Registro de Memoria** (RM). El RM tiene las instrucciones de bajo nivel lo que determina que todas las referencias de las memorias implícitas como explícitas sean almacenadas y ensambladas con las instrucciones que realiza la IPE. Si el IPE realiza una acción consciente podría indirectamente activar el RM de acciones no conscientes. Las actividades no conscientes de las memorias implícitas son módulos cognitivos en los que el Firmware establecería los ensamblajes y funciones ejecutivas de bajo nivel para operar automáticamente. El Firmware tendría a su vez un **Registro Temporal** (RT) nivel bajo de instrucción previo a la formalización de la memoria episódica, a la cual determina como preprograma. En el RT existiría una lógica de control , una lógica combinatoria y un formato de instrucciones el que se integra a ambas lógicas. En la lógica de control se encarga de generar los preprogramas para la activación de programas de memoria (estos programas de memoria serían las narraciones de la vida de cada individuo). Siendo una interface, el Firmware define por anteroalimentación los elementos del procesamiento para la ejecución de instrucciones como preprograma (nivel más bajo de ejecución, dado a nivel genético con relación al ambiente físico y social). No obstante ello, son los 5 primeros años de vida los que completarían el programa (contenido vital

del individuo). Siendo la resultante de todo ello, ese modo de ser para sí y para con el medio que presentará dicha persona. Todo ello se completa a su vez con el desarrollo final de la CPF y las áreas posteriores. El RT está implicado directamente con los relojes biológicos. Mientras que la lógica combinatoria del RT se encarga de las operaciones de secuenciación de programa de la memoria episódica, de manera conjunta con el AT, el IPE, etc. actualizan instrucciones en el RM.

El formato de instrucciones del Firmware no sólo a nivel del RT sino a nivel global determina una arquitectura de la mente-cerebro que permite que se pueda deshabilitar un módulo. Ello establece que la mente-cerebro pueda ignorar las interrupciones mientras procesa otra interrupción para ensamblar módulos con un fin determinado. Las interrupciones de los módulos que no se utilizan en ese momento están pendientes y son chequeadas por procesamiento no consciente provisto por el Firmware, ello determina que pueden ser utilizados dado que no están “apagados”. Las interrupciones de los módulos pueden ser manejadas por el Firmware a nivel consciente como no consciente. Procesos cognitivos conscientes son acciones que se realizan de manera serial, mientras que los procesos no conscientes se realizan por procesamiento dimensional; es decir, mucho más que en paralelo. El Firmware determina las interrupciones de baja prioridad por interrupciones modulares que llevan a mayor prioridad. Las interrupciones modulares son procesos cognitivos del Firmware el que actúa como una interface de la mente-cerebro ya que maneja información por anteroalimentación. De esta manera existe una dinámica constante de velocidades determinadas a nivel dimensional dentro de la mente-cerebro.

En definitiva el Firmware sería un preprograma, híbrido entre el software y el hardware que presenta una actividad dimensional 4D, consciente y no consciente, realizada por la actividad en conjunto del **Acumulador Transitorio (AT)**, el **Indicador Pri-**

ncipal de Ejecución (IPE), el **Registro de Memoria (RM)** y el **Registro Temporal (RT)**. Y si se tiene en cuenta la definición de **intención** (ver páginas 5 y 6) se puede decir que el proceso de desarrollo y crecimiento, permite teniendo en cuenta el **concepto de Firmware**, la unión de procesos que se dan en diferentes estructuras cerebrales. Estas estructuras producen primero, representaciones perceptuales o reproductivas (intencionadas por la naturaleza humana, cerebro posterior o post rolándico) y, segundo las representaciones interpretativas (intencionadas por el sujeto en el cerebro anterior o pre rolándico) (ver página 55). Tanto las primeras como las segundas, por acoplamiento cognitivo se “fijarían” en un algoritmo base (ver página 123), el cual tiene en cuenta al algoritmo de formación (ver página 83) .

El Firmware es un preprograma de la forma cognitiva de la propia naturaleza humana, de esta manera está implicado en fijar la cualidad psicológica de la experiencia, dado por las representaciones fenoménicas (en las que intervienen las representaciones anteriores y posteriores, antes mencionadas). Además como preprograma estructural, es decir a nivel de Hardware, determina que no se confundan las codificaciones, representaciones, operaciones y procesos mentales subyacentes, ya que el FW es un programa que delimita modularmente a la mente-cerebro. De esta manera el Firmware contribuye a distinguir desde la dimensión de la conciencia a los recuerdos, las percepciones, inferencias, pensamientos, sentimientos, deseos y cualquier otro fenómeno psicológico, ya que porta las instrucciones de los procesos cognitivos de la totalidad de la arquitectura de la mente-cerebro.

Resumiendo: Existe un nivel primero de lógica digital neuronal, determinada por el concepto de Símbolo antes señalado (propio de lenguaje de máquina, bit: cero – uno), el cual se produce a nivel modular, lobular, hemisférico y en red. Esto determina diferentes niveles de conceptualización: Nivel 1: Firmware nivel biofísico neuronal, Nivel 2:

Firmware nivel microprogramación, Nivel 3: Firmware nivel de arquitectura de la mente-cerebro, Nivel 4: Firmware nivel temporo-espacial de la mente-cerebro y el Nivel 5: Firmware nivel ensambladura funcional de la mente-cerebro.

Los procesos cognitivos estarían determinados, nivel 1, por una lógica neuronal que determinaría un campo físico, con portadores de carga (iónico, fotónico, fonónico, radiaciones de microondas y electromagnéticas; ver nota pie de página). Tomado un conjunto activo, un módulo, nivel 2, está determinado por información encapsulada debido a la función de semiconductor o transistor que posee el mismo para la elaboración digital de un estímulo dado. Esta descomposición del estímulo en dato, es información empleada por una lógica de dispositivo o lenguaje de máquina, la cual es realizada para diferentes fines dada la naturaleza humana. Además dentro de la microprogramación intramódulo, el Firmware que determina el producto final se relacionará con un macroprograma del que formaría parte. El Firmware a nivel general o del sistema completo de la mente-cerebro, nivel 3 o de la arquitectura de la mente-cerebro determinada funciones a nivel hardware, pero las uniones o ensambladuras funcionales propias del Firmware como software de máquina (nivel 5), permite una infinidad de combinaciones posibles con las mismas partes del hardware, el que se compone de diferentes módulos fijos. Los valores codificados del Firmware intermódulo es un macro programa que realizaría codificaciones de valores lógicos digitales los cuales desarrollan el proceso analógico, para ser presentado a la CPF. Estos procesos analógicos son posteriormente enviados al sistema operativo central que funciona en la CPF, la cual los convierte en procesos digitales desarrollándose así las funciones ejecutivas de alto nivel cognitivo (Nivel 4). El tercer nivel que toma a los dos niveles anteriores comentados, es un nivel dimensional que promueve una arquitectura con un set de instrucciones propias de hardware dadas por el Firmware. A este nivel se definen cuestiones de límites inferiores que

corresponden a lo propios factores innatos que se ponen en juego, dada la naturaleza humana de realizar cogniciones. De este modo se programan set de formas de direccionamiento de controles y funciones, los tiempos mínimos requeridos para la producción de contenidos de las propias cogniciones, usos de memorias activas y pasivas, etc.

Así con los 3 niveles mencionados en relación al tiempo (como variable interna y externa al individuo), funciona un sistema operativo (no consciente) que preprograma la conciencia y la inteligencia, desde un nivel de programación bajo denominado Firmware, el que opera a nivel de Hardware. Esto determina a nivel consciente, una modalidad de administrar los procesos de información interiores y exteriores, memorias y sistemas perceptivos.

Pero los ahora cuatro niveles que conforman el Firmware, están dimensionalmente integrados por la ensambladura que se realiza de modo no consciente. Esta ensambladura final permite la unidad del ser como signo, el cual determina a el Yo. Así los tiempos de ejecución se relacionan con las memorias (como nivel de programa convencional dada la naturaleza humana), con el sistema operativo dado en la CPF y la totalidad del Firmware como proceso tetradimensional. EL Yo determina procesos conscientes utilizando procesos no concientes o automáticos, utiliza un nivel alto ejecución con anteroalimentación de tipo funcional con retroalimentación no conciente y ello determina que sea un proceso que presenta limitaciones, dada la actividad serial que presenta. Todo esto conforme a las circunstancias, refiere a la elicitación posterior de modos orientados a la resolución de problemas, los cuales tienen un ámbito específico y otro global de aplicación, que determina a los procesos heurísticos que pueden ser utilizados por las cogniciones propias realizadas en la inteligencia humana.

Por todo lo expuesto podría inferirse que la mente-cerebro dispone de módulos de procesamiento de la información, los cuales se los puede homologar como micropro-

cesadores, cada uno de ellos con las instrucciones de bajo nivel o microprogramaciones dadas por el Firmware. Dado que existen numerosos módulos cada uno de ellos con un procesamiento de información encapsulado, el Firmware, conceptualizando a la mente-cerebro como un todo, homologada como una máquina de Turing , podría participar en un macro programa ensamblador, el cual preprograma las diferentes posibilidades de combinación de la información que parten como información analógica de la suma de toda la información aportadas por los diferentes módulos de la mente-cerebro. Esta información será digitalmente procesada por la CPF, dado que en ella se hallaría un símil denominado conversor analógico-digital, el que posteriori se conmuta con las funciones ejecutivas ya estudiadas. De esta manera el Firmware se lo podría correlacionar con la actividad 1ro.- genética que determina la neuroplasticidad junto a la mielinización, a lo largo del crecimiento y desarrollo del cerebro humano, 2do.- los procesos de control e inhibición llevados a cabo por las consecuencias del punto 1ro, antes mencionado, 3ro.- los procesos dimensionales de la neurotransmisión, tales como el espacio del sistema central anatómicamente concebido, o el espacio químicamente concebido y bioeléctricamente concebido, en relación al tiempo en el que se producen los desarrollos de señales lentas frente a las rápidas o viceversa. 4to.- la maduración de las áreas correspondientes en las que intervienen todos los conceptos del punto 1 al 3, en relación a la propia naturaleza humana y frente a los intercambios de información con respecto al medio. Y 5to.- la función que define la formación de conocimiento, conciencia e inteligencia en la cual podría intervenir el concepto de Firmware, como instrucción de bajo y alto nivel de ejecución de preprogramas dirigidos a la configuración final del sistema mente-cerebro.

El concepto de FW es tomado como una interface dinámica, abierta e indeterminada en cogniciones de macro programación, dado que pueden ser directamente utili-

zada por el participante, como proceso cognitivo de alto nivel dentro del concepto de formación de conocimientos o del concepto de inteligencia. De este modo si se plantea en forma teórica un “**algoritmo base**” o de bajo nivel para el concepto de Inteligencia, con relación al FW como interface, poseería la condición de utilizar los datos para el manejo de la información que produzca conocimiento de modo **flexible, arbitrario, oportunista y provisional**; es decir, la macroprogramación del FW establecida por la naturaleza humana (configuración estructural mente-cerebro humana) establecería características que todos los seres humanos poseerían en mayor o menor grado, como límite inferior del sistema de procesamiento de la información. Mientras que los microprocesadores que poseen los diferentes módulos procesan información encapsulada, la cual estarían a nivel de la micro programación de muy bajo nivel del FW. Es la preprogramación que se da como capa de abstracción de estímulos o en la formación de representaciones reproductivas o interpretativas o en las formas de ensamblaje de información de diferentes módulos, entre otras actividades. Por todo ello, el FW como interface intervendría en la macro como en la micro programación de la mente-cerebro. Dentro de la macro programación se relaciona directamente con la formación de la información, es decir, en la formación de Datos, Textos, Conocimiento, Conciencia e Inteligencia (ensamblaje final). Interface que además interviene en la micro programación y promovería la conmutación de la información final intermódulo; es decir, los procesos de asociación de representaciones, como asimismo la formación previa de la micro programación intramodular, para su posterior ensambladura con la conmutación antes descrita. Dicha actividad reflejaría la propiedad inherente al concepto de interface para su manejo posterior por la macro programación. El concepto de FW permitiría comprender a la mente-cerebro como una máquina de Turing, que a nivel de la macro programación poseería una cinta que se mueve al infinito con información analógica que pasaría por el macro

procesador que es un sistema que trabaja en paralelo pero en forma digital o discreta, con ubicación en la CPF. La formación de la cinta, se relaciona con el FW dado que son las instrucciones de bajo nivel que se correlacionan con las ondas bioeléctricas en el interior del cerebro, dadas por los fascículos que pasan por el cuerpo calloso y cierran el bucle a lo largo de toda la corteza cerebral. Por todo esto, la cinta produciría información analógica, la cual es producida por el FW, ya que es el ensamblaje final de la actividad de los microprocesadores que se encuentran en los diferentes módulos, los que tienen una actividad encapsulada. Todo esto es en relación al concepto de interface, debido a las instrucciones de capa abstracta del propio FW, dadas en la configuración final propia de la mente-cerebro humana, tanto a nivel de la micro como macro programación del FW o preprogramación a nivel dimensional. Cuando se hace mención a la capa abstracta de instrucciones dadas por el FW se refiere a procesos neurobiológicos de ajuste (Interface), que pueden ser explicados por medio matemáticos. La explicación del funcionamiento de las neuronas requiere herramientas matemáticas. Un ejemplo es el siguiente: las neuronas se activan (producen respuestas eléctricas) gracias a la presencia de “canales iónicos” (proteínas de la membrana celular que se abren y cierran para dejar pasar iones entre el citoplasma y el medio extracelular), lo que lleva a pensar, a la neurona como un Transistor o Semiconductor, debido al manejo de portadores de carga: iones. Los canales iónicos fueron descritos primero por medio de ecuaciones matemáticas (Marvall, Petersen, Fairhall, Arabzadeh & Diamond, 2007) antes de que pudieran ser observados. Las propiedades de estos canales matemáticamente establecidas por ecuaciones diferenciales, pudieron a posteriori ser verificadas cuando se observaron dichos canales. Estos descubrimientos fundamentales lo realizaron los premios nóbeles, 1992, Hodgkin y Huxley. Otras muchas contribuciones posteriores han descrito el funcionamiento de las neuronas en términos matemáticos, bien a través de un análisis cu-

antitativo de datos experimentales o bien formulando y desarrollando hipótesis a través de un modelo computacional. De manera que las neuronas, por medio de cambios en frecuencia y velocidad, a lo largo de un proceso o cognición, presentan modificaciones cualitativas que pueden ser estudiadas matemáticamente. Estos cambios están dados sobre la base misma de la representación y permitirían de ese modo la discriminación de diferentes estímulos intramódulo como intermódulo, los cuales pueden ser descritos por medios estadísticos. Esto coincide con esta tesis ha denominado microprogramación o macro programación como interface que hipotéticamente llevaría a cabo el FW. Una neurona está siempre sumando sus entradas, también (bajo ciertas circunstancias) responde a la multiplicación de sus entradas y, por último, en condiciones como ésta, guarda una memoria del contexto y es capaz de “dividir” o normalizar cada movimiento individual por la magnitud del contexto: eso es lo que significa la compensación desde el punto de vista matemático. El concepto de contexto puede dar a entender que las neuronas podrían modificar su velocidad y sensibilidad por retroalimentación intermódulo o por anteroalimentación por cambios en el contexto ambiental. De manera que la analogía con el ordenador, el cual posee una unidad lógica y aritmética de computo, podría ser relacionada con la actividad de bajo nivel dada por el FW como pre programa de configuración y ensamblaje posterior, que se toma en cuenta para describir la mente-cerebro. Pero la diferencia fundamental con el ordenador es que éste, sólo pone en juego la información ya establecida; es decir, fijada por la memoria. El concepto que se trata sobre la capa abstracta de instrucción del FW en la mente-cerebro implica la modificación cualitativa y cuantitativa, dinámica y cinética de las neuronas en contexto, expresada por medio matemáticos y estadísticos, lo cual implica al FW como interface y a las representaciones correspondientes adaptándose en espacio-tiempo a la realidad del individuo (ver Marvall, Petersen, Fairhall, Arabzadeh & Diamond, 2007). Es decir que

la adaptación por contexto implica a la CPF en la toma de decisiones si el caso es relevante para el individuo.

4.3.3.- Firmware como Interface de los experimentos del Capítulo 3:

Tomando en cuenta la conceptualización del Firmware y correlacionando dicha información con el experimento realizado, se puede establecer que las instrucciones propias de bajo nivel llevan a que las células neuronales a nivel occipital se sincronicen (nivel bajo o microprogramación) formando un módulo electrofisiológico el cual puede ser utilizado para la acción de un sistema IMCM. El nivel de instrucción está por debajo del algoritmo de formación antes estudiado, ya que el Firmware procedería como un conjunto ensamblador de los algoritmos biológico, neuroeléctricos y cognitivo, conmutando diferentes actividades informáticas, desde el sistema operativo central de conversión analógica digital en la tarea de Acumulador Transitorio, la cual se correlaciona con la memoria episódica junto con la memoria semántica, con un timing dado por el RT. Por ello el Firmware es un conjunto de instrucciones macro y micro, de preprogramas que se articulan, los cuales funcionarían como una interface desde diferentes alternativas algorítmicas. Como se ha podido observar el tratamiento que han recibido los participantes del grupo experimental permitió que se desarrollara una actividad de aumento del uso de la conciencia, dado que tomaron como evidencia el sonido que se correlacionaba con las ondas alfa. Si bien esto es un procesamiento de la información de alto nivel, las cogniciones de bajo nivel que acompañan a esta actividad son inherentes al Firmware que propicia la ensambladura dentro de la sincronización modular, como micro programación, lo que a su vez correlaciona con que el FW permite como preprograma facilitar al participante tener diferentes representaciones o codificaciones que no se confundan en tiempo y espacio. Por ello, esta tesis plantea dos condiciones neces-

rias: la oscilación constante que promueve el ensamblaje explicada en el binding problem, y la sincronización intra módulo e inter módulos. En ello se tomarían en cuenta las instrucciones que por analogía tratamos de explicar con el concepto del Firmware. Es decir que el algoritmo biológico, neuroeléctrico y el cognitivo son preprogramas cognitivos no conscientes (concepto de cognición y representación) que producen un programa como conocimiento consciente que es el experimento en sí mismo, que el grupo experimental puede utilizar por medio del FW, como macro programa (valorado como el aumento de la media del ritmo alfa dentro del grupo experimental post tratamiento). Dicho conocimiento, aumenta la función de la conciencia de los participantes, dado que estos hacen uso de la evidencia que da el sistema IMCM de los procesos no conscientes que se interrelacionan en los algoritmos antes mencionados. De modo que, como producto de Ingeniería Inversa podemos formular los procesos antes citados por medio del concepto de Firmware. Por otra parte, con la réplica del experimento de Adrián (R. exp.- Ad), podemos inferir cómo el concepto de Firmware puede explicar hipotéticamente que los módulos periféricos (visión, audición, etc.) están articulados. El R. exp.- Ad. desde el concepto de FW elicit que por medio de procesos centrales de alto nivel (—instrucción dada por medio del lenguaje natural- a nivel consciente) se llevarán dentro de la mente-cerebro procesos cognitivos compiladores. Es decir, procesos que conmutan diferentes lenguajes, hasta llegar al de dispositivo o a nivel modular / neuronal, por medio de los cuales, se explicaría cómo se derivó intencionalmente la atención visual a la audición con la formación de ondas alfa, pero, con los ojos abiertos. Este proceso cognitivo tiene como sustrato lógico el concepto de Firmware, debido a que pone en evidencia cómo el mismo participa desde la micro programación a la macro programación; es decir, como un híbrido entre el software y el hardware. Ya que las instrucciones del lenguaje natural dadas (tratamiento explícito a los participantes) y compren-

didadas por los participantes, llevaron a que su intención participara en la micro programación del Firmware: sincronización a nivel occipital y formación de onda de ritmo alfa. La macroprogramación del FW implica a las funciones de los conceptos de AT y fundamentalmente de los de IPE, ya que la cognición de procesos cognitivos de alto nivel del FW en el R. exp.- Ad. permite inferir un pre programa que se basa en la identificación principal ejecutiva que utiliza el participante. Es decir, utiliza la derivación vía tálamo de la visión a la audición. Este preprograma permite pensar cómo el Firmware humano de nivel alto y consciente manejaba tanto al tálamo y sus derivaciones nucleares, conjuntamente con el RM y el RT correspondientes a los niveles cognitivos que subyacen a los procesos cognitivos de alto nivel. (Además esta actividad podría explicar la atención selectiva o el efecto fiesta o cóctel (Baddeley, 1999); es decir, como los seres humanos utilizan un preprograma que les permite identificar diferentes conversaciones al mismo tiempo en una fiesta, dado por el concepto de AT, IPE, RT y RM que operan como preprogramas ocultos en la mente-cerebro). De todo esto puede observarse que el algoritmo de formación (ver página 83) es una explicación de las actividades que se relacionan con los constructos antes mencionados.

4.4.- Convergencia Teórica, Críticas al modelo y otros:

En este trabajo de tesis se implican la metáfora o analogía del ordenador y la metáfora o analogía cerebral. Una trata el procesamiento de la información de manera digital y la otra de modo analógico. Se habla de metáforas por que ninguna explica el nivel neurofisiológico. El concepto de Interface Mente-Cerebro Máquina dentro del de

Sistema, tiene que tomar en cuenta no solo el nivel funcional en el que se implican las referidas teorías, sino además valorar el problema del hardware y/o del cerebro en sí, cuestiones que a lo largo del presente trabajo se trataron de dilucidar y en el que se implica el concepto de conversor analógico-digital (ver página 4 y 79). De esta manera la tesis, teniendo en cuenta la posición teórica de la convergencia tecnológica, relaciona todos los niveles posibles de conocimientos para efectuar un análisis claro y, además, dar una idea de funcionamiento adecuado de la mente-cerebro humana, para la formación del sistema IMCM que promueva un mejor desempeño humano. La mente-cerebro humana ha producido epistemológicamente hablando, sistemas formales, tales como las matemáticas o la lógica, con las cuales se crearon símbolos para la formación de algoritmos o los subsímbolos en la formación de redes. Pero una explicación ontológica de la mente-cerebro humano no puede ser explicada por estos sistemas formales abstractos, los cuales permiten fabricar máquinas. No obstante ello, esta tesis determina que desde el nivel epistemológico, dado los conocimientos actuales del siglo 21, la mente-cerebro puede ser mejor explicada por estos sistemas formales, como metáforas en el sentido más débil. Por ello se plantea el concepto de Dimensionalismo Estructural Humano (D.E.H.), en el cual el **concepto de Firmware**, no solo es un híbrido entre software y hardware, sino que da una idea estructural-funcional desde lo “ontológico” y lo epistemológico, para comprender la **implementación** de mente-cerebro en el plano físico y funcional. Dicho concepto implica a la genética, la topología neuronal, las diferencias en la citoarquitectura a nivel micro como macro estructural (a nivel neuronal, modular, lobular, hemisférica cerebral y a las redes implicadas), con el concepto de la **lógica propia del sistema mente-cerebro humano**, el cual no es la lógica del sistema formal que describen las teorías arriba mencionadas, sino una lógica a descubrirse (propia de la naturaleza humana) y que el D.E.H. la declara en base a una prospectiva reflexiva, tenien-

do en cuenta los elementos ontológicos propios de la constitución del ser humano (desde el nivel embriológico pasando por lo genético-ambiental y de las diferentes formas de las materias constitutivas descubiertas y a descubrir que intervienen en la configuración final del ser humano). De esta manera el modelo de mente-cerebro propuesto, es una metáfora o analogía (Minervino, 1998) con componentes que propenden dar una explicación como base epistemológica para elicitar una mejor comprensión del sistema IMCM. Por ello se dice que las máquinas son una extensión de nuestra mente-cerebro (McLuhan, 1964).

Para finalizar con la crítica al presente trabajo se toma en cuenta a Nombela, Arsuaga, Arana y Bedate (2005) quienes roponen dos paradigmas, el paradigma físico-objetivista (Bio-física) y el paradigma psíquico-fenomenológico (Psicobiofísica). El primer paradigma epistemológico (objetivista) conduce en la actualidad sólo a construir una imagen del mundo biológico en un **paradigma determinista-objetivista-computacional**. En cambio el **paradigma epistemológico psíquico-fenomenológico** puede conducir igualmente a ese mismo paradigma determinista-objetivista-computacional o a un nuevo paradigma emergentista-evolutivo-funcional . Ello es así por que en Biología sólo existen dos grandes marcos paradigmáticos: el computacional, donde se moderniza la biofísica reduccionista tradicional y el emergentista donde se hace una psicobiofísica en la cual lo psíquico es un factor determinante del sistema causal biológico. Lo más característico del paradigma computacional es pues el reduccionismo biofísico, y la sola referencia a una causación determinista hace que se mueva dentro de la metáfora fuerte del ordenador. Asimismo tiende a ser epistemológicamente objetivista-conductista (esto último determinado por la concepción científica de aquello de lo que puede ser observado; es decir la conducta) pero no siempre, ya que en ocasiones se admite que el hecho de la conciencia, a la que básicamente se accede por fenomenología, se explica por la ciencia

con una explicación epifenomenalista. Es decir, la conciencia es un epifenómeno marginal que no ejerce causalidad real sobre una conducta explicada por causación determinista. Ejemplos a nivel filosófico son: el fisicalismo materialista o fisicalismo lógico-computacional, teoría de la identidad, identismo epifenomelista, identismo epifenomenalista computacional (ver Nombela, Arsuaga, Arana & Bedate, 2005).

Mientras que el paradigma emergentista se caracteriza por admitir la conciencia. La conciencia es un hecho real, que además está evolutivamente coordinando con los otros sistemas de causación determinista y el ejercicio de una causalidad descendente contraladora hasta cierto punto de la mente-cerebro. Este paradigma aplica también modelos computacionales seriales o conexionistas, así como otros modelos formales, para describir las estructuras funcionales de la mente, pero se mueve siempre en el marco de la **metáfora débil del ordenador o computadora**. Debido a esto último, esta tesis se enmarca en los siguientes conceptos: **1.ro.-** La **causación** siempre es determinista. Mientras que las ideas de la física clásica en cuanto a **mecanismo o sistema** determinista, fueron consideradas erróneas por este trabajo, adoptando el concepto de sistema o mecanismo indeterminista. Si se considerara la primera posición (sistema determinista o cerrado) el ser humano sería considerado como un robot o como un sistema informático en sentido fuerte, lugar que apunta la Inteligencia Artificial y las concepciones Materialista reduccionista. Pero por la segunda posición (sistema indeterminado o abierto) el ser humano no puede ser concebido como un robot. El ser humano como especie está en continuo crecimiento y desarrollo desde el punto de vista ontológico y evolutivo. **2.do.-** Debido al punto precedente, esta tesis se enmarca dentro del paradigma epistemológico psíquico-fenomenológico, el cual es emergentista dado que considera a la conciencia. Se incluye a la conciencia, la cual puede producir fenómenos de causalidad o causación determinista dentro del proceso mente-cerebro. Además, como consecuencia de todo lo

anteriormente enunciado este trabajo de tesis, utiliza modelos computacionales para explicar el funcionamiento de la mente-cerebro dentro de la metáfora o analogía del ordenador de manera débil. **3.ro.-** Este trabajo de tesis se enmarca dentro de la posición definida por Popper (1997). Esta concepción implica tener presente los 3 mundos; es decir, el mundo uno de lo físico, el mundo 2 de la mente y el mundo 3 de las teorías. Dado que actualmente se descubrieron diferentes tipos de materia, esta tesis plantea que se deben tener en cuenta para los 3 mundos formulados por Popper. Esto implica que una real formulación del concepto de mente-cerebro deberá tener presente los conceptos sobre las **materias** (Mather & Smoot, 2006 Premios nóbeles Física), que se observan en siguiente Figura (ver Figura 12).

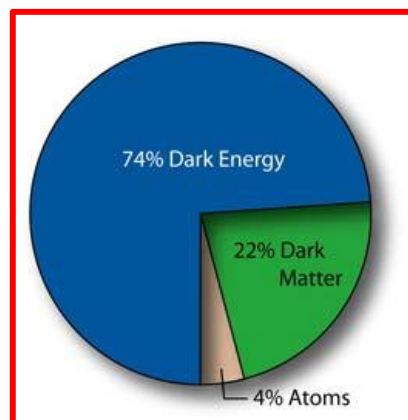


Figura 12: Composición del Universo

(Traducción Atoms= átomos; Dark = oscuro; Matter= materia y Energy=energía)
Tomado de la URL: http://map.gsfc.nasa.gov/m_mm.html

Como lo determina la N.A.S.A a través de la sonda Wilkinson de Microondas Anisotrópicas (WMAP, en la U.R.L. http://map.gsfc.nasa.gov/m_mm.html) solamente el 4 % del Universo es manifiesto (materia bariónica). El Universo manifiesto está conformado por los átomos de materia que componen planetas, estrellas, etc., incluyendo el cuerpo humano. El 22% del Universo está compuesto por materia oscura (materia no ba-

riónica) la cual compone a las Galáxias. Dicha materia se infiere que participa en las fuerzas gravitatorias, siendo una materia invisible que no emite luz y no tiene aparentemente masa alguna. De este modo la presente tesis plantea que la materia oscura podría formar parte del cuerpo humano y por ende de la mente-cerebro. Por otra parte, la energía oscura constituye el 74% del Universo (materia no bariónica). También es una energía invisible y se considera que está por fuera de las galaxias y además presenta una característica peculiar que hace que se la infiera como antigravitatoria, por lo que se presume que permite la expansión observada del universo (Coles, 2001). De esta manera el antireduccionismo ontológico, es una posición que implica que lo conocido como fenómenos físico químicos no puede explicar la mente-cerebro en su totalidad, debido a esto adhiere a la posición dualista por la composición de materia visibles e invisibles que formarían parte de la mente-cerebro. De este modo propongo una doble composición material de la mente-cerebro (hasta el momento no cuantificada o manipulada pero descubierta cualitativamente por sus efectos, dado por los estudios precedentes de la N.A.S.A y la Universidad de Harvard, entre otras¹³). El reduccionismo epistemológico al que adhiero se ve reflejado por todo lo tratado a lo largo del presente trabajo. Si se tiene en cuenta la clasificación anterior referente a la composición de la materia en el Universo, los físicos han propuesto dos grandes grupos: la materia bariónica y la materia no bariónica. La primera está formada por bariones (quarks, que se hayan en los protones y neutrones dentro del núcleo de los átomos) y emite o absorbe luz (Gangui, 2005; Poveda, 1991). De allí que la materia bariónica corresponda a la materia normal (átomos) y la no bariónica a la materia y energía Dark. Teniendo en cuenta al sistema IMCM, se puede concluir que dichas materias, con sus propiedades tan disímiles, podrían ser utilizadas como interfaces, tanto uni como bidireccionales para la realización

¹³ Dentro de la Ciencia de la Cosmología, la Astronomía, la Física, etc. existen diferentes grupos de estudio por todo el mundo, que investigan este tema. Nombrarlos excede el propósito de la tesis.

de tareas en beneficio de la humanidad. Por todo esto, esta tesis completa la visión dualista de Popper, Eccles y Chalmers (Eccles, 1986; Chalmers, 1999; Popper, 1997).

Pero más allá de esta última posición, esta tesis, dentro del plano ontológico, observa el **concepto de potencialidad**. De manera que, lo que siempre es actual, es el Yo como signo. Actual como lo “cristalizado” por una memoria que se recodifica con la vigilia-sueño día tras día (ver Hipocampo, pág. 58). Por ello, a diferencia de lo actual, **lo potencial** implica dejar la visión de la Mecánica Clásica, en la cual, lo actual se relaciona con lo **Real** y lo **Potencial** queda excluido. Esto es así debido a que en el concepto de lo actual rige el principio de identidad (A es igual A) que se deriva del principio lógico de no contradicción (si algo es A no puede ser no A) por lo cual no hay devenir ni potencialidad alguna. Esta última concepción es el marco mecanicista y determinista que lleva a la concepción de Robot del ser humano, propia del Materialismo Eliminativo (Churchland, 1999) o de la Inteligencia Artificial. **Bien lejos está mi trabajo de tesis de todos estos conceptos, ya que se enmarca dentro de los conceptos del siglo 21 y se proyecta más allá tomando en cuenta el concepto de potencialidad** (derivado de la mecánica cuántica, la genética y de una nueva concepción dualista no cartesiana, la cual considera a los átomos y a la materia Dark). De manera que tomando al ser humano como sistema, el mismo se lo define como sistema abierto, indeterminado, de tal manera que las analogía o metáforas aplicadas en este estudio son para dar: primero, una mejor comprensión de la mente-cerebro (sentido débil) y, segundo, **para permitir desde la mente-cerebro encontrar interfaces que permitan el dominio de la materia**.

Si se toma en cuenta la función de onda de la mecánica cuántica y la función de onda electroencefálica determinada por la actividad de la mente-cerebro registrada por el EEG, las mismas como conceptos no deben ser tomadas como objetos descrip-

tivos de lo actual o como concepto de cosa, ya que esto determina un error de sintáxis. Estas ondas nos dicen más del acto de medición que del resultado como significación en sí, son una dinámica y como tal llevan valores superpuestos, abiertos, como sistema indeterminado por lo cual el ser humano es lo que es, un ser libre y no un robot (sistema cerrado y determinado). Por que, como manifiesta Agamben (1999):

Ser libre no es simplemente tener el poder de hacer esto o aquello,
tampoco es tener el poder de rehusar hacer esto o aquello. Ser libre es,
en el sentido que hemos visto, ser capaz de la propia impotencialidad,
estar en relación con la propia privación a voluntad. Esto es el por que la
libertad, es libertad tanto para el bien como para el mal.

Todo esto señala que se debe atender el concepto de interface dirigido al usuario, como lo establecen Lewis y Reiman (1993): el diseño está en relación al usuario y no a la máquina (*user-centered design*). Por otra parte el atender el problema de la potencialidad se relaciona con el concepto de facultad. Nuestro sentido común nos obliga a determinar que lo real es lo actual y viceversa, pero la psicología cognitiva como ciencia debe ir más allá del sentido común. Por lo tanto es necesario un cambio conceptual. Mi enfoque busca trascender y tomar en cuenta el vórtice conceptual del siglo 21 (–lo potencial–). Esto nos lleva por el camino ontológico y epistemológico, comprendiendo lo indeterminado como mecanismo en el que se implica el concepto de potencialidad. No se debe confundir con el concepto de causación en el que se da la determinación. De este modo, esta tesis invita a una comprensión más profunda del ser humano para tener el control y poder sobre las máquinas. De este modo las Ideas de Platón, implicadas en el sentido común, son las que impiden el concepto de devenir y llevan en sí una autoritaria manera de ser, propuestas por la lógica y la matemática o por ambas, debidos a los desarrollos

Aristotélicos posteriores. Esta es una rigidez que se formula, por ejemplo, en el diseño intrínseco de las matemáticas cuando se plantea un algoritmo o de una red en funcionamiento, debido al mecánico concepto de determinismo que en ellas operan.

La idea de materia Dark, componente del **22% de la materia total del universo**, implicada en el concepto de Gravedad, dado que la cantidad de materia oscura y de materia visible <átomos> son las que deciden el potencial gravitatorio donde se mueven los objetos (Forte & Freifer, 2006), es propuesta como hipótesis para dar fundamento a un **Dualismo Material no cartesiano**. Esta tesis para el desarrollo del término **Conciencia**¹⁴ conforme a la **Psicobiofísica**, toma el concepto de **Sensibilidad**, partiendo de la idea de que el **colapso de onda (psi Ψ)** dentro del concepto de Superposición (onda-partícula) producido por un observador (científico) (Jacques, 2007) es una **“sensibilidad” propia de la materia a nivel cuántico**, la que lleva al concepto de Decoherencia final y así hasta llegar a los sistemas complejos como el del ser humano. A partir de estos conceptos se expone una nueva manera de conceptualizar la Conciencia, ya que: si bien no existe sensación de los sentidos en sí (procesamientos no conscientes), ese modo de la sensibilidad que presenta el ser humano, es referida como **no actual**, es decir que no se implica en el concepto de identidad que deriva del principio lógico de no contradicción – mundo de las ideas de Platón-. Esto enseña que poseer “facultad” es el problema mismo de la potencialidad del ser humano, repetimos poten-

¹⁴ Dice Fernández Alvarez (2007):

La conciencia es autopoietica, pues comienza a desplegarse descubriéndose a sí misma.

El término conciencia puede tener ilimitados significados, ejemplos: es una propiedad de la experiencia humana; solo existe conciencia de algo que tiene vinculación con nuestra propia actividad; conciencia de grupo o conciencia social; puede describirse como un estado en donde existe un registro autorreflexivo; los grados de la conciencia están asociados con la complejidad de los significados y no con el volumen de la información, es decir como transición a lo más conciente o a lo menos conciente, siendo dicho pasaje un continuo.

Desde el punto de vista de la Filosofía de la mente las propiedades de la conciencia son limitadas; es decir, son definidas por la racionalidad, la temporalidad, lo voluntario, lo subjetivo, por la intencionalidad, por la lentitud y para finalizar limitada por el uso de la memoria explícita.

La función de la conciencia implica CONTROL, ORGANIZACIÓN E INTERPRETACIÓN, siendo al mismo tiempo fluída.

cialidad que surge como encuentro del ser y no ser al mismo tiempo, de indeterminación de sistema o de sistema abierto. Por lo cual, no es necesario encerrarlo en un concepto inmutable de Idea Platónica, dado que es confundir epistemología con ontología. Potencialidad que implica la libertad de ser, no como para ser lo potencial en sí, lo cual podría estar preprogramado como en un robot para que alcanzara el máximo de potencialidad, que la Inteligencia Artificial podría construir en un futuro, sino que se refiere a que el ser humano desde esa potencialidad puede formularse una **Impotencialidad** para encontrar un nuevo sendero intelectual, camino vedado para todo sistema cerrado o determinado como lo es un robot. Si bien el robot puede producir causación determinista intrínsecamente o a nivel de su propio sistema, a semejanza del humano, su configuración está determinada ya sea por un algoritmo universal o por una red en la que pierde constantemente identidad, o por el funcionamiento sinérgico de ambas. Esto obliga a reformularse dentro de una fórmula propia del sistema cerrado que conforma a dicho robot. Punto muy distante de los conceptos tratados aquí en comparación con la mente-cerebro humana, dado que si se toma el de Firmware, el mismo es un proceso dimensional y estructural que lleva a la formación del ser humano como tal, lo que permite a la mente-cerebro¹⁵, tener una funcionalidad final. Es decir, la formación de un ser racional y libre, la cual es mi posición humanista. El humanismo afirma el desarrollo histórico y la autonomía del hombre con respecto a toda entidad sobrehumana, sea onto-

¹⁵ Máquinas inteligentes:

Hawkins y Dileep (2006) produjeron una nueva tecnología informática, por la cual una computadora puede aprender, reconocer imágenes, comprender una lengua, moverse en un entorno complejo e interpretar los datos adquiridos de la misma forma que lo hace el cerebro humano en el proceso de pensamiento. Estos autores estudiaron el funcionamiento de la CPF del cerebro humano. Con el nombre de Nupic (Numenta Platform for Intelligent Computing o plataforma Numenta para informática inteligente), esta tecnología implementa un sistema de memoria jerárquica temporal denominada HTM y proporciona una base para resolver muchos de los difíciles problemas de la informática, como el aprendizaje o la capacidad de reconocimiento por parte de las computadoras. De este modo el programa HTM podrá ser usado para la investigación en diferentes campos, tales como, psicología, educación, psiquiatría y neurociencias como asimismo para explorar las capacidades mentales humanas y comprender mejor las enfermedades mentales.

lógica, religiosa, social o política. Se vincula por lo tanto con el conocimiento racional, la moral laica y el sistema político democrático que garantiza las libertades individuales y los derechos humanos, y adscribe a una concepción universal y progresiva de la historia (Sebreli, 2006).

De esta manera, he asumido varios problemas y sus hipótesis correspondientes:

- 1.- el de Dualismo funcional (Duarte, 1996) y Dualismo material no Cartesiano (Dimensionalismo Estructural Humano -D.E.H-), los cuales conjuntamente con el concepto de Firmware, eliminan el marco conceptual en el que durante siglos se ha planteado los debates sobre la naturaleza humana.
- 2.- el de concepto del sistema abierto o indeterminado que he relacionado con el de mente-cerebro, el cual niega el concepto de **robot** del ser humano. Si se toma en cuenta lo estudiado en el concepto de Firmware y Psicología (ver página 119) y simplificando el concepto central, podría decirse que si bien el cerebro posterior o post rolándico está intencionado por la naturaleza humana (lo innato de las construcciones que producen las representaciones reproductivas o perceptuales <fijas o determinadas>) la **intención** que se produce en el cerebro anterior junto con la interface lingüística posibilita establecer la indeterminación del sistema, dado que por anteroalimentación modifica sus niveles de procesamiento y de conducta final. Posición que se opone categóricamente a la Inteligencia Artificial (metáfora fuerte) y a la del Materialismo Eliminativo, pues ambos, utilizan la **falacia de composición**: la que define que una propiedad compartida por las partes de algo debe aplicarse también al conjunto. Por esto es falaz que la activación on/off neuronal pueda explicar la función-acción cerebral, al igual que la activación de un transistor on/off no pueda explicar la función-acción de una computadora. De allí el concepto **previo** de implementación que corresponde al de **Firmware**, y de allí el concepto de sistema IMCM dirigida al usuario como individuo.

3.- el de la configuración de un sistema IMCM que toma en cuenta las metáforas o analogías (ordenador y cerebral) de modo débil, junto con la Neurofisiología. Esto me lleva a coincidir con Popper (1997; pp. 18), que: “no estudiamos temas, sino problemas, y los problemas pueden atravesar los límites de cualquier objeto de estudio o disciplina” ya que el concepto de **Interface** es un concepto del siglo 21, que en un futuro tomará en cuenta el contacto entre la materia bariónica y no bariónica. Lo cual junto con los qubit de la Computación Cuántica, revolucionarán nuestro modo de pensar y nuestras vidas.

5.- Conclusiones:

- 1.- Un sistema IMCM está conformado por un algoritmo de formación, el cual está configurado por el accionar del algoritmo biológico, neuroeléctrico y el cognitivo.
- 2.-Una persona que conoce el sistema IMCM hace uso de procesos mentales no conscientes o automáticos. Ello determina una ampliación de la conciencia humana (nivel alto del procesamiento de la información).
- 3.- las ondas del ritmo alfa constituyen un modelo del concepto de sincronización, el

cual debe ser tenido en cuenta para el estudio de las ondas que conforman el pensamiento o la intención del ser humano.

4.- La Corteza Prefrontal está relacionada con la actividad discreta o digital, ya que recibe la información continua o analógica del resto del cerebro. De modo que se puede decir que funciona de manera semejante a una computadora. Asimismo se la relaciona con la Intencionalidad, de acuerdo a estudios recientes.

5.- La memoria episódica presenta una estructura y configuración neurobiológica que depende del desarrollo y crecimiento posterior del bebé. El accionar del hipocampo y sus relaciones está determinados por un **Firmware**, de esta manera se configura una manera de ser frente al mundo y para sí. El concepto de instinto o procesamiento no consciente o automático queda definido sobre este concepto.

6.- El concepto de Firmware proviene de la Ciencia de la Computación: el mismo es un híbrido entre software y hardware. Se constituye como hardware pero provee de las instrucciones (microprogramación) de la configuración funcional de una máquina o computadora, por ello se hace mención a máquina virtual.

7.- El Firmware, como concepto que aporta el punto 6, puede ser utilizado por analogía dentro de la conceptualización de mente-cerebro que provee esta tesis enmarcada dentro de la Psicología Cognitiva, para explicar la modularidad masiva de la mente-cerebro.

8.-El Firmware humano enlaza los conceptos genéticos y la modularidad masiva de la mente-cerebro. El hardware del Firmware de la mente-cerebro está diseñado por la genética, el cual determina las instrucciones de configuración y de ensamblaje final de las estructuras del sistema operativo. Además determina la diferenciación celular neuronal, la ubicación de las mismas en espacio-tiempo dentro de la mente-cerebro para

determinar los módulos, los límites de velocidad en el interior de los diferentes módulos, etc. Mientras que el software del Firmware de la mente-cerebro, se refiere a preprogramas de las capas más abstractas del funcionamiento del sistema operativo modular masivo, de allí que existirían conmutaciones entre la información de diferentes módulos o el ensamblaje de preprogramas de funcionamiento de módulos distantes o cercanos, los preprogramas de asociaciones, etc. Es decir, las instrucciones a nivel de la micro programación y de la macro programación que lleva la mente-cerebro tanto a nivel consciente como no consciente.

9.- Los conceptos de software, hardware y firmware que provienen de la Ciencia de la Computación, como asimismo la Teoría de la información de Shannon, se han utilizado en el concepto formulado por esta tesis denominado Dimensionalismo Estructural Humano, por medio del cual, se determinaría una cuantificación integral para poder comprender la estructura, función y acción de la mente-cerebro.

10.- En el Dimensionalismo Estructural Humano se relacionan los 3 ejes cartesianos y el tiempo. Estos conceptos están determinados por la velocidad que lleva el acontecimiento o proceso humano (ritmo sueño-vigilia), en la cual la velocidad genética global determina una forma o estructura, frente a diferentes fuerzas intervinientes (ley de gravedad o selección natural, entre otras). Mientras que existirían velocidades relativas con sus tiempos relativos tanto intra módulo como inter módulos, lo cual determina funciones psicológicas y fenomenológicas de la mente-cerebro.

11.- De los experimentos realizados en esta Tesis se concluye que los participantes pue-

den ejercer un aumento de su conciencia al poder utilizar los conocimientos que provee un sistema IMCM, dado que por medio de éste se pueden utilizar los procesos no conscientes de la mente-cerebro a través de los procesos conscientes (lo que explicaría parcialmente cómo el concepto de Firmware está interconectando lo consciente como lo no consciente).

12.- Las representaciones se las define como la actividad bioeléctrica de un conjunto de neuronas que se correlacionan con un objeto presente en la actividad mental del sujeto. Las representaciones pueden ser simples o complejas. Estas últimas se refieren a la actividad lingüística relacionada a la bioeléctrica. Existen diferentes velocidades de procesamiento de la información que se relacionan con la actividad neurobiológica de la mente-cerebro y ello es determinante para definir futuros sistemas IMCM que se relacionen de un modo coherente para la satisfacción del usuario. Las máquinas y/o computadoras son una extensión del cerebro humano de modo que son complementarias dentro de la Tecnologías Convergentes.

13.- El concepto de interface mente-cerebro máquina se enmarca dentro del paradigma epistemológico psíquico-fenomenológico, de modo que acepta la analogía o metáfora del ordenador en sentido débil. De esta manera el ser humano no puede ser considerado como un robot es decir, como un sistema o mecanismo cerrado o determinista, en el cual la conciencia es un epifenómeno (sin actividad Top Down).

14.- Esta tesis considera y valora al ser humano como a un sistemas abierto o indeterminístico. De este modo el ser humano no es considerado como un robot, sino como un ser que se desarrolla y crece desde la posición ontológica, tanto a nivel individual

como de especie. Si bien la **causación es determinista**, no debe confundirse con el **concepto mecanismo o sistema determinista**, siendo este último el que lleva a la noción de robot del ser humano, tal como la analogía o metáfora fuerte que desarrolla la Inteligencia Artificial o dentro del plano filosófico al Materialismo Eliminativo. De este modo, en la conceptualización de esta Tesis, la **Conciencia** puede tener causación determinista, a través de la **intención** dentro de la mente-cerebro-cuerpo o máquina, es decir libre elección dentro de ciertos parámetros (humanos), mucha más allá de la definición de conciencia, como una entidad pasiva referida a la percepción en sí (umbrales). Por ello, dicho concepto se integra al de intencionalidad que se manifiesta por la acción de la CPF.

15.- Existen materias visibles y no visibles que podrían estar componiendo la mente-cerebro humana. De modo que como sistema abierto, el ser humano es comprendido por esta tesis dentro del antireduccionismo ontológico y el reduccionismo epistemológico.