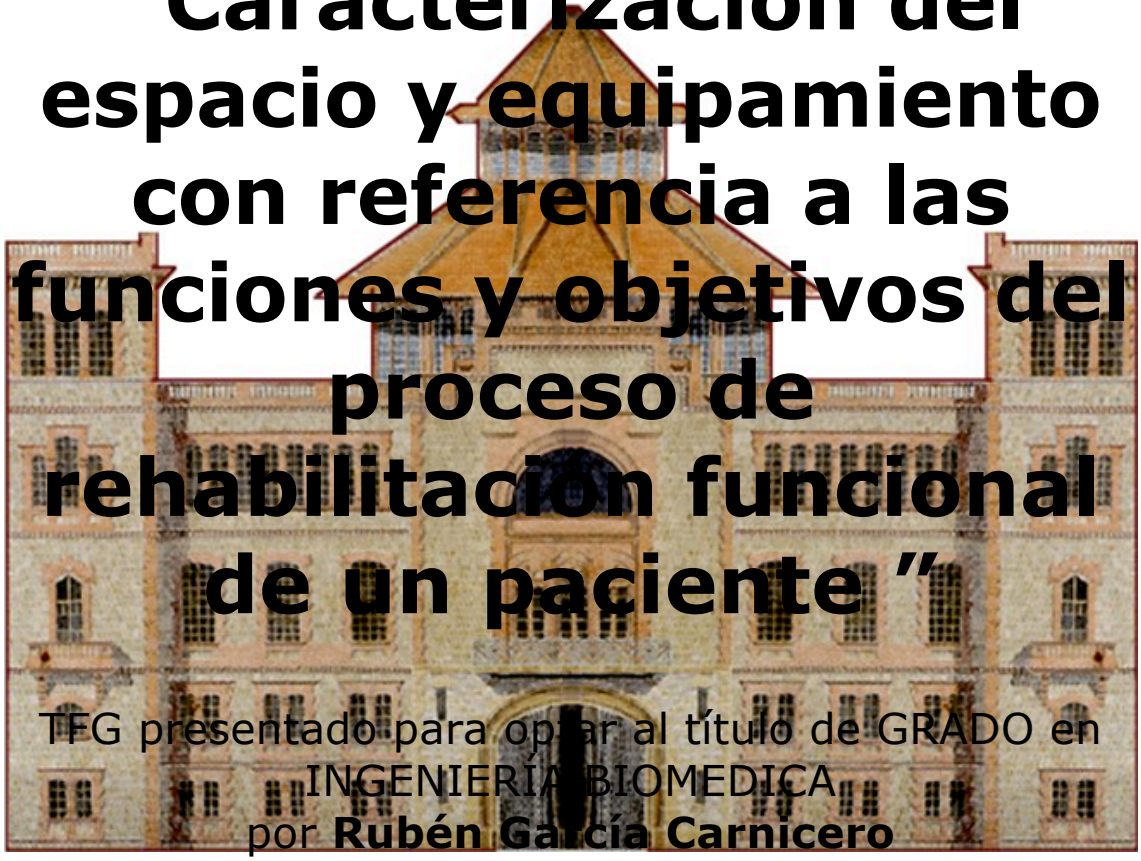
Escola Universitària d'Enginyeria
Tècnica Industrial de Barcelona
Consorci Escola Industrial de Barcelona
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Volumen I
Memoria

TRABAJO DE FINAL DE GRADO

"Caracterización del espacio y equipamiento con referencia a las funciones y objetivos del proceso de rehabilitación funcional de un paciente"



TFG presentado para optar al título de GRADO en INGENIERÍA BIOMEDICA
por **Rubén García Carnicero**

Barcelona, 26 de Abril de 2016

Director: Beatriz F. Giraldo Giraldo
Departamento de Ingeniería de Sistemas, Automática
e Informática Industrial (ESAII)
Universidad Politécnica de Catalunya (UPC)

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL **1**
ÍNDICE MEMORIA **6**
ÍNDICE FIGURAS **7**
ÍNDICE TABLAS **9**
RESUMEN **10**
RESUM **10**
ABSTRACT **11**

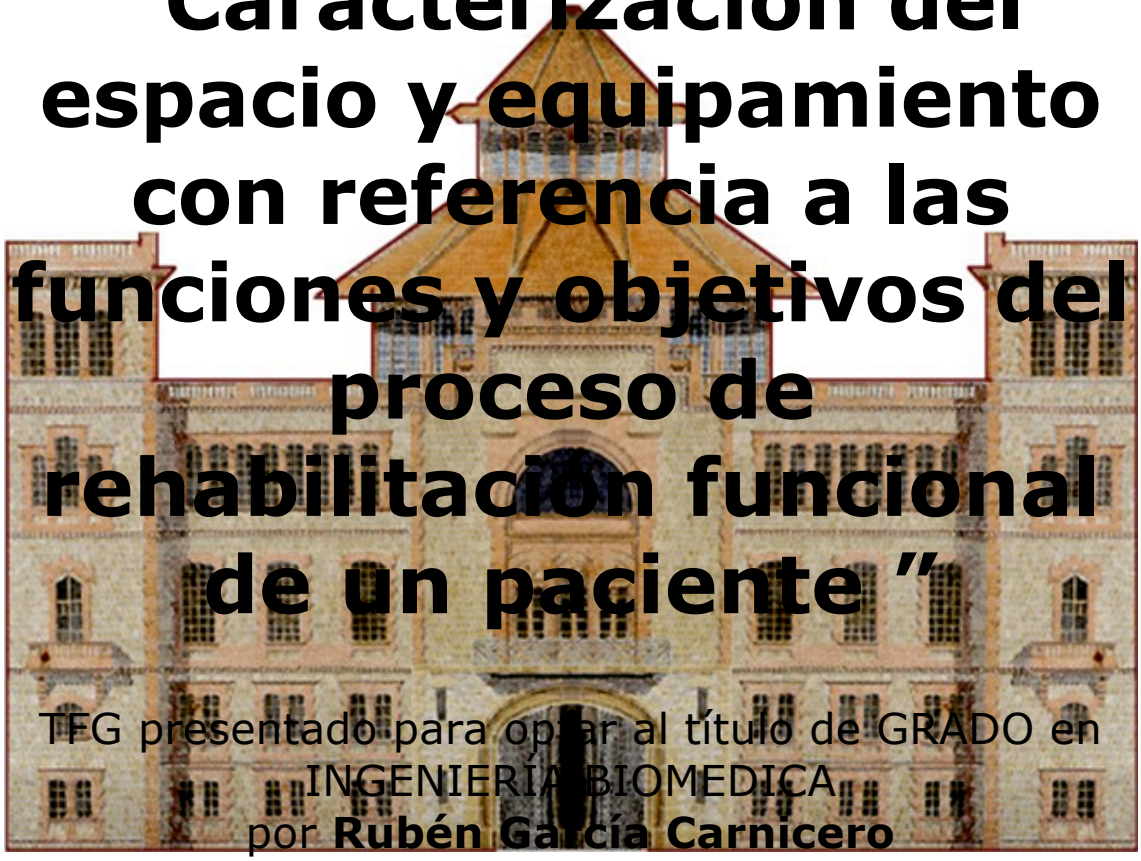
CAPÍTULO 1: OBJETVO, ALCANCE, MOTIVACIÓN Y PLANIFICACIÓN 13
CAPÍTULO 2: INTRODUCCIÓN 17
CAPÍTULO 3: LA UNIDAD DE REHABILITACIÓN 29
CAPÍTULO 4: FUNCIONES Y OBJETIVOS DEL PROCESO DE REHABILITACIÓN 57
CAPÍTULO 5: EL PACIENTE EN LA URH 61
CAPÍTULO 6: REDISTRIBUCIÓN DE ESPACIOS 65
CAPÍUTLO 7: ESTUDIO ECONÓMICO 89
CAPÍTULO 8: CONCLUSIONES Y EXTENSIONES FUTURAS 101
CAPÍTULO 9: BIBLIOGRAFÍA 105

Escola Universitària d'Enginyeria
Tècnica Industrial de Barcelona
Consorci Escola Industrial de Barcelona
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Memoria

TRABAJO DE FINAL DE GRADO

"Caracterización del espacio y equipamiento con referencia a las funciones y objetivos del proceso de rehabilitación funcional de un paciente"



TFG presentado para optar al título de GRADO en INGENIERÍA BIOMEDICA
por **Rubén García Carnicero**

Barcelona, 26 de Abril de 2016

Director: Beatriz F. Giraldo Giraldo
Departamento de Ingeniería de Sistemas, Automática
e Informática Industrial (ESAII)
Universidad Politécnica de Catalunya (UPC)

ÍNDICE MEMORIA

ÍNDICE GENERAL **1**
ÍNDICE MEMORIA **6**
ÍNDICE FIGURAS **7**
ÍNDICE TABLAS **9**
RESUMEN **10**
RESUM **10**
ABSTRACT **11**
CAPÍTULO 1: OBJETVO, ALCANCE, MOTIVACIÓN Y PLANIFICACIÓN **13**
1.2 Alcance del trabajo 13
1.3 Motivación del trabajo 14
1.4 Planificación del trabajo 14
CAPÍTULO 2: INTRODUCCIÓN **17**
2.1. La rehabilitación funcional y su evolución hasta la actualidad 17
2.2. La tecnología y metodología dentro de la historia de la rehabilitación 21
CAPÍTULO 3: LA UNIDAD DE REHABILITACIÓN **29**
3.1 Análisis estructural 30
3.2 Equipamiento biomédico 32
3.2.1 Inventario 32
3.2.3. El tratamiento: Información y descripción del equipamiento 33
3.2.3 Nuevas tendencias: Realidad Virtual (VR) 52
CAPÍTULO 4: FUNCIONES Y OBJETIVOS DEL PROCESO DE REHABILITACIÓN **57**
4.1. Tipos de rehabilitación 57
4.2. Funciones y objetivos 58
CAPÍTULO 5: El paciente en la URH **61**
5.1. Proceso de alta y gestión interna. SAP 61
5.2. Proceso de rehabilitación 64
CAPÍTULO 6: REDISTRIBUCIÓN DE ESPACIOS **65**
6.1. Modelo actual 66
6.2. Necesidad de cambio 74
6.3.1. Bases y principios del Modelo Radial 76
6.4. Redistribución de espacios 79
6.4.1 Rediseño integral 87
CAPÍUTLO 7: ESTUDIO ECONÓMICO **89**
7.1. Equipamiento 89
7.1.1 Costes 97
7.2. Infraestructuras 98
7.2.1 Costes 98
CAPÍTULO 8: CONCLUSIONES Y EXTENSIONES FUTURAS **101**
CAPÍTULO 9: BIBLIOGRAFÍA **105**
9.1 Referencias bibliográficas 105
9.2 Referencias web 106
9.3 Otras referencias 108

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1.1. Diagrama de Gantt del TFG.....15

Figura 2.1 Escultura de Aristóteles, s. IV a.C. Fuente [1] 19

Figura 2.2 Sala de rehabilitación en los años 40, EUA. Fuente: [2].....20

Figura 2.3 Áreas de actuación de la fisioterapia. Fuente: [4] 21

Figura 2.4 Vendajes del antiguo Egipto. Fuente: [5].....22

Figura 2.5 Hidroterapia en la edad antigua. Fuente: [6].....23

Figura 2.6 El hombre de Vitrubio, de Leonardo Da Vinci, s. XV d.C. Fuente: [7] 24

Figura 2.7 Fitoterapia: tratamiento con el uso de plantas medicinales. Fuente: [8].....25

Figura 2.8 *Control del estado del estado físico de un sujeto en régimen continuo. Fuente: [10]* 26

Figura 2.9 Paciente bajo hidroterapia en baño Hubbard. Fuente: [12] 27

Figura 3.1 Plano planta baja de la URH. Fuente: Hospital Cínic 30

Figura 3.2 Plano planta sótano de la URH. Fuente: Hospital Clínic 32

Figura 3.3 Equipo de magnetoterapia Varimag 2E: Fuente propia 34

Figura 3.4 Equipo de ultrasonido Enraf Nonius, modelo Sonopuls 190. Fuente propia 36

Figura 3.5 Equipo de ultrasonidos Enraf Nonius, modelo Sonopuls 490. Fuente propia 37

Figura 3.6 Equipo de ultrasonidos BTL, modelo 4825S Premium. Fuente propia 37

Figura 3.7 Equipo de ultrasonidos Helios, modelo Pulson 200. Fuente propia 37

Figura 3.8 Equipo de ultrasonidos Enraf Nonius, modelo Sonopuls 434. Fuente propia 38

Figura 3.9 Equipo de ultrasonidos Helios, modelo: Uniphy Phyaction E. Fuente propia 38

Figura 3.10 Equipo de microondas Enraf Nonius, modelo Radarmed 650+. Fuente propia 40

Figura 3.11 Equipo de microondas Enraf Nonius, modelo Radarmed 650+. Fuente Propia 41

Figura 3.12 Equipo de microondas Helios, modelo Varitron 250 – EP. Fuente propia 41

Figura 3.13 Equipo de microondas Helios, modelo Varitron 250 – EP. Fuente propia 42

Figura 3.14 Equipo de ondas de choque MTS Medical, modelo: Orthogold 100. Fuente: [17].....43

Figura 3.15 Equipo de electroestimulación T.E.N.S Helios, modelo TENS eco 2. Fuente propia.....44

Figura 3.16 Equipo de electroestimulación transcutánea Enraf Nonius, modelo TensMed 931. Fuente propia 45

Figura 3.17 Equiop de electroestimulación convencional Bosch, modelo Dynomed PM. Fuente propia 46

Figura 3.18 Equipo de electroestimulación Biohelp, modelo Sirio Dual Stimulator. Fuente propia 46

Figura 3.19 Lámpara de IR FOCO – 3000. Fuente propia 48

Figura 3.20 Lámpara de IR FOCO – 3000. Fuente propia 48

Figura 3.21 Bombilla IR Phillips de 250 W. Fuente propia 48

Figura 3.22 Equipo de posturografía NeuroCom®. Fuente propia 49

Figura 3.23 Plataforma dinamométrica NeuroCom®. Fuente propia 49

Figura 3.24 Parafina sólida para rehabiltación. Fuente propia 50

Figura 3.25 Baño de parafina Enraf Nonius 933. Fuente propia 51

Figura 3.26 Equipo de Realidad Virtual Oculus Rift. Fuente: [24] 52

Figura 3.27 Persona con la mascara Oculus VR y auriculares. Fuente: [26] 55

Figura 4.1 Ejercicio de movilidad de tronco a un niño de 4 años. Fuente: [30] .. 60

Figura 5.1 Esquema de la gestión de altas en la URH 63

Figura 5.2 Consulta de un paciente a su médico. Fuente: [31] 64

Figura 6.1 Recorrido del paciente A en una sesión de terapia de 9 estaciones en la planta baja de la URH 66

Figura 6.2 Recorrido del paciente B en una sesión de terapia de 8 estaciones en la planta baja de la URH 67

Figura 6.3 Recorrido del paciente C en una sesión de terapia de 9 estaciones en la planta baja de la URH 68

Figura 6.4 Recorrido conjunto de los pacientes A, B y C en una sesión de terapia dentro de la misma franja horaria en la planta baja de la URH 69

Figura 6.5 Recorrido conjunto del paciente D en una sesión de terapia de 5 estaciones en la planta sótano de la URH 70

Figura 6.6 Recorrido conjunto del paciente E en una sesión de terapia de 5 estaciones en la planta sótano de la URH 71

Figura 6.7 Recorrido conjunto del paciente D en una sesión de terapia de 5 estaciones en la planta sótano de la URH 72

Figura 6.8 Recorrido conjunto de los pacientes D, E y F en una sesión de terapia dentro de la misma franja horaria en la planta sótano de la URH 73

Figura 6.9 Segunda ley de la reflexión: Las ondas se reflejan con un ángulo β *igual al angulo de incidencia* α *al entrar en contacto con una superficie plana. Fuente propia.* 75

Figura 6.10 Pintura que repele el agua y la suciedad como la flor de loto. Fuente: [33] 76

Figura 6.11 Representación gráfica del Modelo Radial de rehabilitación funcional 77

Figura 6.12 Desplazamiento del centro de control de la planta baja de la URH según el modelo radial 79

Figura 6.13 Organización por niveles de la planta baja de la URH según el modelo radial 80

Figura 6.14 Desplazamiento del centro de control de la planta sótano de la URH según el modelo radial 81

Figura 6.15 Organización por niveles de la planta sótano de la URH según el modelo radial. 82

Figura 6.16 Estado actual de la planta baja de la URH 83

Figura 6.17 Propuesta de reforma de la planta baja de la URH 84

Figura 6.18 Estado actual de la planta sótano de la URH 85

Figura 7.1 Equipo de posturografía digital computerizada Smart Balance Master®. Fuente: [35] 91

Figura 7.2 Baño de parafina para manos Enraf Nonius, modelo 933. Fuente: [36] 92

Figura 7.3 Baño de parafina para pies. Fuente: [37] 93

Figura 7.4 Equipo de electroestimulación Enraf Nonius modelo ENDOMED 482. Fuente: [38] 94

Figura 7.5 Rehabilitación funcional de una mano con el uso de una tabla canadiense. Fuente: [41] 95

Figura 7.6 Férula de mano hecha con material termoplástico Orfit. Fuente: [43] 96

Figura 7.7 Panel Boulder en la esquina superior derecha de la figura junto a una mesa canadiense de 7 tableros. Fuente: [44] 97

ÍNDICE TABLAS

Tabla 3.1 - Ficha técnica equipo de electroestimlación Helios TENS eco 2 33

Tabla 7.1 Costes de adquisición/renovación de equipamiento biomédico para la URH 97

Tabla 7.2 Presupuesto con desglose en detalle por capítulos de las plantas baja y sótano de la URH 98

Tabla 7.3 Presupuesto total de la propuesta de reformas en las plantas baja y sótano de la URH 99

RESUMEN

El presente trabajo de final de grado (TFG), consiste en hacer un estudio y caracterización del espacio, infraestructuras y equipamiento biomédico necesario con referencia a las funciones y objetivos que persiguen el proceso de rehabilitación funcional de un paciente.

Este, es un trabajo realizado en convenio con el hospital universitario Hospital Clínic de Barcelona tras haber allí mi período de prácticas universitarias, por lo que se centrará primordialmente en la unidad de rehabilitación de dicho hospital.

Se analizará el espacio de rehabilitación, la tecnología en términos biomédicos de la que dispone la unidad, el proceso de rehabilitación y curso del paciente por las instalaciones. Finalmente, propondré una nueva distribución espacial e introducción de nueva tecnología por tal de optimizar dicho proceso.

RESUM

El present treball de final de grau (TFG) , consisteix en fer un estudi i caracterització de l'espai, infraestructures i equipament biomèdic necessari amb referència a les funcions i objectius que persegueixen el procés de rehabilitació funcional d'un pacient .

Aquest, és un treball realitzat en conveni amb l'hospital universitari Hospital Clínic de Barcelona després d'haver-hi realitzat allà el meu període de pràctiques universitàries, de manera que se centrarà primordialment en la unitat de rehabilitació d'aquest hospital.

Analitzarem l'espai de rehabilitació, la tecnologia en termes biomèdics de què disposa la unitat, el procés de rehabilitació i curs del pacient per les instal·lacions. Finalment, proposaré una nova distribució espacial i introducció de nova tecnologia per tal d'optimitzar l'anomenat procés.

ABSTRACT

This bachelor's thesis (TFG) is based in the study and characterization of space, infrastructure and biomedical equipment needed with reference to the functions and objectives pursued by the functional rehabilitation process of a patient.

This is a thesis done in agreement with the Hospital Clínic of Barcelona university hospital, place where I had my internship the last semester and so I will focus primarily on the rehabilitation unit of this hospital.

We analyse the rehabilitation area, the biomedical devices, the on going process of the patient's rehabilitation to eventually propose a new spatial distribution and introduction of new technology that could optimize this process.

CAPÍTULO 1: OBJETVO, ALCANCE, MOTIVACIÓN Y PLANIFICACIÓN

1.1 Objeto del trabajo

El objetivo del trabajo es estudiar y hacer un análisis espacial, infraestructural y tecnológico la unidad de rehabilitación funcional del Hospital Clínico de Barcelona con el fin de proponer mejoras al proceso de rehabilitación del paciente, teniendo en cuenta el espacio, el equipamiento y la comodidad del paciente. Todo ello además puede contribuir al ahorro de recursos humanos y económicos.

1.2 Alcance del trabajo

El presente trabajo se centrará en la unidad de rehabilitación del Hospital Clínico de Barcelona. Se profundizará en los aspectos técnicos a nivel biomédico de los aparatos de los que dispone y a su vez se dará una visión general a nivel de

infraestructura que se puedan modificar por tal de alcanzar el objetivo del trabajo.

Cabe destacar que en la parte que respecta a la caracterización de espacios, no se profundizará en la parte arquitectónica ni mecánica sino que se dará una visión global de la situación actual para reconducir a un posible cambio que mejore y optimice el trabajo a realizar por pacientes, fisioterapeutas, médicos residentes y doctores.

1.3 Motivación del trabajo

La oportunidad de realizar un trabajo de inmersión en las instalaciones del Hospital Clínico de Barcelona durante mi periodo de prácticas curriculares me llevaron a la Unidad de rehabilitación (URH), donde pase mucho tiempo analizando las salas de rehabilitación, el equipamiento biomédico y el método terapéutico aplicado a los pacientes.

El deporte es una de mis pasiones y en la URH pude observar una gran variedad de sujetos afectados por lesiones deportivas, haciendo que me interesase mucho en pensar como podría agilizar e introducir mejoras en el sistema de rehabilitación que se lleva a cabo actualmente, planteando un rediseño de la planta y un método de organización, que aportase valor añadido al servicio y permitiese un mejor uso de los recursos de la unidad de rehabilitación.

1.4 Planificación del trabajo

El trabajo a desarrollar esta planificado según el Diagrama de Gantt de la figura 1.1

Figura 1.1. Diagrama de Gantt del TFG

CAPÍTULO 2: INTRODUCCIÓN

La rehabilitación funcional ha evolucionado en el tiempo tanto en concepto como en metodología influenciado en la mayoría de los casos por su situación geográfica. En este capítulo, se da una pequeña introducción a la rehabilitación funcional y a su evolución temporal tanto en términos médicos como tecnológicos.

2.1. La rehabilitación funcional y su evolución hasta la actualidad

La palabra fisioterapia esta compuesta en fisio, del griego *physis* (naturaleza) y terapia, del griego *therapehia* (tratamiento), que fue definida inicialmente a '*tratamiento por la naturaleza*'. Este concepto, con el paso de los siglos, ha ido evolucionando hasta reconocerse actualmente como '*tratamiento por agentes físicos'*. Dicha definición se consolido más concretamente en el 1958 cuando la Organización Mundial de la Salud (OMS) describe la Fisioterapia como *"el arte y la ciencia del tratamiento por medio del ejercicio terapéutico, calor, frío, luz, agua, masaje y/o electricidad".* En esta descripción, se introduce el elemento

movimiento, término fundamental que revoluciona su significado histórico, al concebirlo como el medio o agente del ejercicio terapéutico.

Internacionalmente, la **Fisioterapia** se ha desarrollado y es entendida de manera muy diferente. Fuera de España, hay muchos lugares del mundo donde para la misma profesión se utilizan diferentes términos. Junto a la Fisioterapia**,** se encuentran la **Kinesiología y la Terapia Física**, que parecen tener el mismo significado profesional en sus países de práctica, pero que sin embargo, analizando al detalle, sus descripciones disciernen para aquellos que lo practican. Por ejemplo, si se preguntara a un Kinesiólogo en la Argentina (profesional equivalente al Fisioterapeuta) ¿qué es la Fisioterapia?, contestaría: *es la aplicación de Agentes Físicos con fines terapéuticos* (tal y como dice la OMS) y es sólo una pequeña parte de la Kinesiología la cual se complementa con la Kinesiterapia (*terapia por medio del movimiento)* y la Kinefilaxia (*parte de la Kinesiología que se ocupa de la prevención y la persona sana*). De modo que, **Fisioterapeutas , Kinesiólogos y Terapistas Físicos** convergen en cuanto a práctica profesional pero con características particulares de acuerdo al País de origen.

De la prehistoria a la actualidad

En la historia de la humanidad existen numerosos antecedentes del uso de agentes físicos con fines terapéuticos. De hecho, desde el hombre primitivo se encuentran referencias a tratamientos basados en agentes físicos para combatir la enfermedad y que debido a la concepción de la misma, estaban asociados en un principio a rituales mágicos y religiosos.

Siglos atrás y en regiones muy distintas del mundo pero contemporáneas, se encuentran evidencias del uso de agentes físicos (baños de vapor o de sudor en la America Precolombiana, uso de plantas en la antigua Mesopotamia, etc). No obstante, es el desarrollo de la cultura helénica en Grecia el referente de alta relevancia en cuanto al avance de esta disciplina. Hipócrates, Herodio y Aristóteles (Figura 2.1) entre otros, son algunos de los personajes a destacar en este periodo, los cuales colocan los pilares de la profesión.

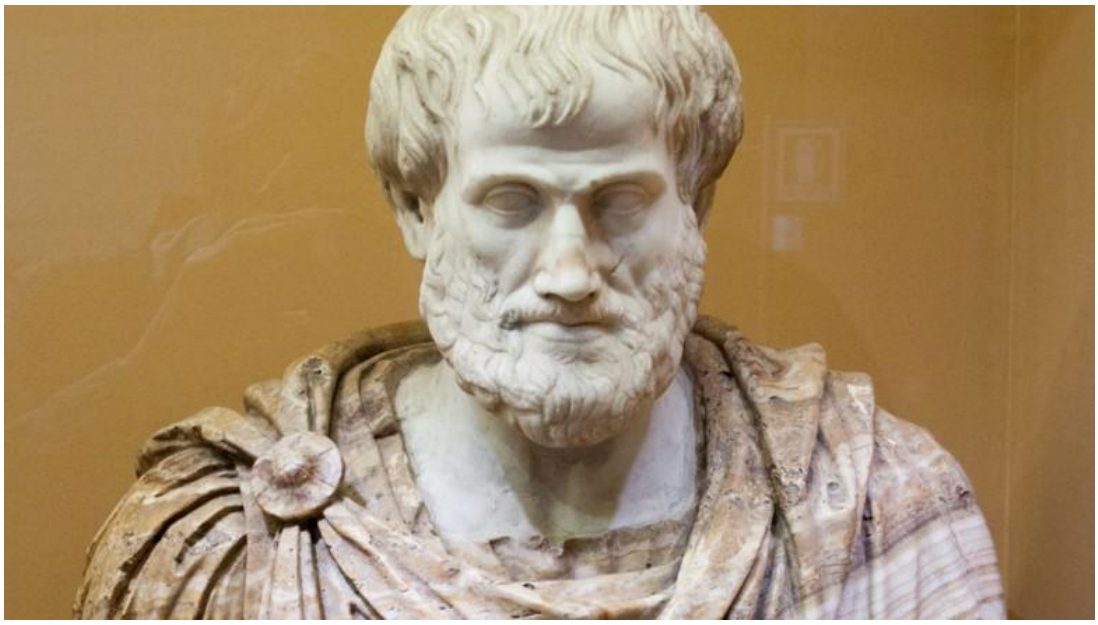


***Figura 2.1** Escultura de Aristóteles, s. IV a.C. Fuente [1]*

Hipócrates fue siempre partidario de fortalecer la autocuración del cuerpo introduciendo junto a métodos gimnásticos para robustecer tanto torso superior como inferior, el movimiento como agente terapéutico (kinesioterapia). Herodio, perfeccionó sus métodos gimnásticos en su tratado 'Ars Gimnástica'. Contemporáneamente, Aristóteles, además de estudiar el campo del movimiento del cuerpo del hombre, realizó experimentos en el campo de la Electroterapia usando las características eléctricas del pez torpedo. Todos estos avances y descubrimientos por parte de los griegos, fueron posteriormente retomados y perfeccionados por los Romanos, consolidando los conceptos básicos de la Masoterapia, la Hidrokinesiterapia, la Poleoterapia y los Ejercicios Terapéuticos.

En la Edad Media, de nuevo, siguen habiendo tanto concepciones como prácticas e intereses distintos en cuanto a esta disciplina. En el mundo musulmán, se describen distintos agentes físicos como ejercicios, tracciones, flexiones, masajes o intervenciones para afecciones reumáticas y de columna. Por otro lado, Europa se sumerge en un profundo espiritualismo tras la consolidación del cristianismo y deja de la lado la cultura en ámbito sanitario.

Poco a poco en occidente, se retoma el interés por la salud y la medicina, por lo que la fisioterapia vuelve a cobrar vida en el Renacimiento. En el s. XIX, en Estocolmo, se publica la obra 'Principios Generales de la Gimnasia', empezada por P. Henrik Ling y acabada por dos de sus alumnos, Liedebeck y Georgil, quién a mitad del siglo crearía el concepto Kinesiterapia.

En el siglo siguiente y bajo el contexto de las Guerras Mundiales surge una necesidad de profesionalización en el mundo de la fisioterapia entre la comunidad médica, lo cual lleva a la creación de las primeras carreras con título universitario de especialista en la materia: Kinesiólogo, Fisioterapeuta y Terapista Físico los cuales tienen sus diferencias internas según su país y región

de enseñanza y profesión. La figura 2.2 representa una sala de rehabilitación en los años 40.

***Figura 2.2** Sala de rehabilitación en los años 40, EUA. Fuente: [2]*

El hoy

Dichas diferencias, son las que han hecho que el punto de desarrollo de esta disciplina se encuentre más o menos avanzado según la zona geográfica. Así mismo, su evolución también depende de las patologías predominantes en un lugar u otro. Sin embargo hay puntos de referencia muy significativos que concuerdan en determinar que la Fisioterapia fue y es hoy en día una referente directa del proceso de Rehabilitación Física de múltiples alteraciones del ser humano.

Por lo tanto la fisioterapia se ocupa de la rehabilitación física de las personas ya sea por trastornos neurológicos, traumatológicos, músculo-esqueléticos y reumatológicos entre otros. Adicionalmente, la fisioterapia tiene acceso al nivel Asistencial de la salud de los pacientes que se traten, prestando servicio en procesos de curación aplicables en una gran variedad de disciplinas médicas, incluidas: cardiología, Oncología, Neurología, Traumatología, Ortopedia, Neumología, Pediatría, etc (Figura 2.3). [3]

***Figura 2.3** Áreas de actuación de la fisioterapia. Fuente: [4]*

La fisioterapia se encuentra en casi todas las disciplinas y especialidades de la medicina en mayor o menor medida, haciéndose imprescindible en según que casos para la atención y rehabilitación de los pacientes que requieran el servicio de un especialista.

Las nuevas tecnologías están expandiendo hoy más que nunca los horizontes y las posibilidades de la fisioterapia. No obstante, se trata de una de las disciplinas médicas más tradicionales que existen, por lo que la inserción de aparatos biomédicos en el sector se esta produciendo muy lentamente pero con notables resultados.

En el apartado 2.2, se analizará la evolución tecnológica bajo la que se encuentra la fisioterapia desde el uso de los recursos más naturales hasta los más avanzados a nivel informático del que se dispone hoy.

2.2. La tecnología y metodología dentro de la historia de la rehabilitación

La evolución que ha seguido el equipamiento que hoy se ve en las unidades de rehabilitación es el fruto de la evolución del uso de recursos naturales y de su adaptabilidad a las terapias aplicadas.

Tiempo atrás, la magia se consideraba la responsable de la eficacia de muchos tratamientos terapéuticos. Muchos años antes de Cristo, ya se usaban elementos naturales como el agua aplicada en zonas doloridas y dañadas para sanar. En Egipto, hay evidencias de que ante esguinces y lesiones, se inmovilizaban las articulaciones con telas y vendas para tratar al herido. Artes milenarias como el Kung Fu, también han sido reconocidas como ejercicios terapéuticos pero no fue hasta el cambio de lo empírico a lo racional, que llegaría a atribuirse la importancia de los tratamientos a la cura, y se dejarían de lado los misticismos.

La historia demuestra un gran abanico de posibilidades a la hora de tratar a los pacientes, en el contexto de la rehabilitación. La figura 2.4 muestra un ejemplo de las vendas que los egipcios usaban para inmovilizar las articulaciones y zonas lesionadas, además de para momificar a los difuntos.

***Figura 2.4** Vendajes del antiguo Egipto. Fuente: [5]*

Antiguedad (s. V a.C. – s. II d.C.)

El pueblo griego se gano una gran reputación gracias a sus célebres victorias en el campo de batalla, convirtiéndose en el pueblo más prestigioso de la época. Fueron ellos, quienes famosos entre otras cosas por su gran preocupación y culto al cuerpo, los que desarrollaron además de profundos estudios de relación entre músculos y movimientos, múltiples técnicas en el ámbito de la hidroterapia, convirtiéndose la aplicación del agua, en un método terapéutico de primer orden.

Baños de vapor, de contraste frío-calor, barro mezclado con agua caliente y telas húmedas para detener la fiebre, fueron algunas de las técnicas usadas antaño por los griegos, de gran eficacia, pese a que también se desaconsejaba su abuso, por sus posibles efectos perjudiciales por un uso inadecuado de este valioso recurso.

La hidroterapia (figura 2.5) y el ejercicio físico, fueron los grandes personajes que se encargaron de sanar y fortalecer la salud del pueblo griego [5]. Tanto fue así, que más tarde serían los Romanos quiénes acogerían sus hábitos. Algo que se puede ver y evidenciar debido al gran número de termas romanas que se encuentran en la ciudad actual.

***Figura 2.5** Hidroterapia en la edad antigua. Fuente: [6]*

Época medieval (s. V d.C. – s. XV d.C.)

En este periodo de la historia humana hubieron avances en muchas disciplinas médicas pero pocos en cuanto a materia de fisioterapia. De hecho, lo mejor que se supo hacer, fue conservar las técnicas helenísticas, pues los médicos por aquel entonces centraban su esfuerzo en combatir el síntoma principal que un paciente pudiese padecer, dejando de lado muchos otros factores que pudieran estarle afectando. Sería a partir del s. XIII, momento en que se produciría un cambio en de mentalidad del cristianismo, en el que se iniciaría una nueva etapa científica. Hasta entonces, se puede decir, que la enfermedad era entendida como una alteración del funcionamiento normal y natural del organismo y que su actuación sobre ella, era muy superficial. Y lo que es más, de entre los tres

grandes imperios de este periodo; El Occidente Europeo, el estado Islámico y el Bizantino, tan sólo los árabes supieron acoger las técnicas helenísticas.

Época moderna (s. XVI d.C. – s. XVIII d.C.)

Esta fue una época de vuelta a viejas costumbres y de gran innovación tecnológica en la que entraría en juego la electricidad en ámbito fisioterapéutico después de que Luigi Galvani introdujera la electrofisiología con la producción de corrientes eléctricas en tejido animal. Este gran avance científico junto a los descubiertos en el campo de la física experimental y aplicada, la gran difusión de la literatura médica gracias a la imprenta y el nacimiento de la anatomía moderna comenzado por Leonardo da Vinci (figura 2.6), abren el camino que seguiría la fisioterapia desde el año 1700 hasta el día de hoy.

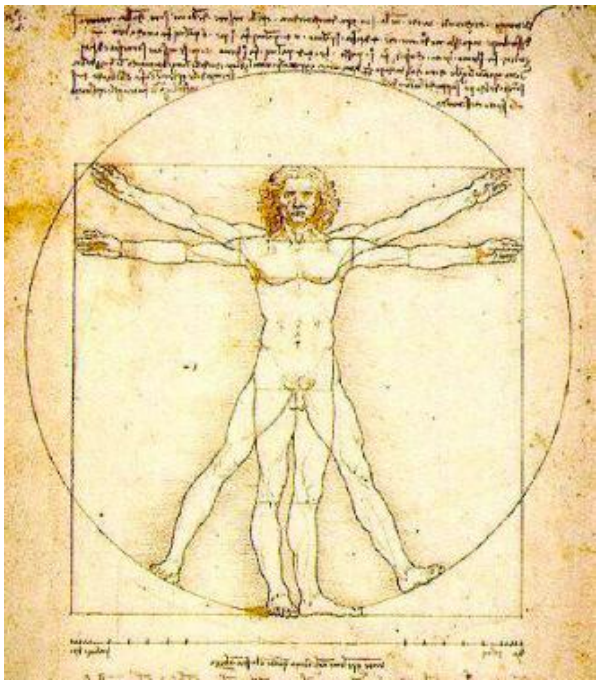


***Figura 2.6** El hombre de Vitrubio, de Leonardo Da Vinci, s. XV d.C. Fuente: [7]*

La hidroterapia volvió a ganar importancia tras su declive por las creencias cristianas y se potenciaron las técnicas de masaje usando este método.

En 1941, nace el término: "ortopedia" referenciado a las deformidades de los huesos en las edades tempranas de la vida.

A finales del s. XVI se postulan los llamados "ejercicios de la actividad diaria" y más tarde se detalló la función muscular, comprendiendo el origen, inserción y forma de los músculos, la biomecánica de las fibras musculares, la contracción y

relajación, entre muchos otros aspectos relevantes que reguardan la movilidad muscular.

Medicina Contemporánea (S.XIX, hasta 1918)

Con la declaración de los Derechos del Hombre resultado de la Revolución Francesa se produjo un cambio de mentalidad que supondría un gran avance para la medicina de esta época. Una subdisciplina de la fisioterapia al alcance de todos los usuarios y con fines tanto educativos como higiénicos y curativos aparecería bajo el nombre de cinesiterapia, que con el tiempo y gracias a la mecanoterapia experimentaría un gran progreso gracias a que esta última permitía, como bien dice su nombre, ejercicios mecánicos mediante el uso de objetos como palancas, pesas, etc.

La hidroterapia y la fitoterapia (figura 2.7) se empezaron a usar a dúo, dándose a conocer el poder terapéutico de estas dos técnicas en conjunto.

***Figura 2.7** Fitoterapia: tratamiento con el uso de plantas medicinales. Fuente: [8]*

Los progresos en esta época tendrían conclusión con la importancia de comprender los acontecimientos dinámicos del cuerpo humano. Más en concreto, como funciona la cinética de los músculos, por lo que en 1918, fue postulada la teoría de la "inervación e inhibición recíproca de los músculos antagonistas"

La medicina actual

La Primera Guerra Mundial traslada por primera vez a los fisioterapeutas al hospital, debido a las grandes y escandalosas lesiones, derivadas de las heridas y enfermedades cogidas en el campo de batalla. Aquí, los profesionales tienen acceso a una gran serie de herramientas e instrumentos con los que atender a los pacientes; una tecnología, que va mucho más allá de los elementos naturales como el agua y las plantas, vistas en épocas anteriores. Esto supondría emplear el método de rehabilitación hasta la recuperación total del paciente, por lo que se introdujo un método de monitorización continua (figura 2.8). [9]

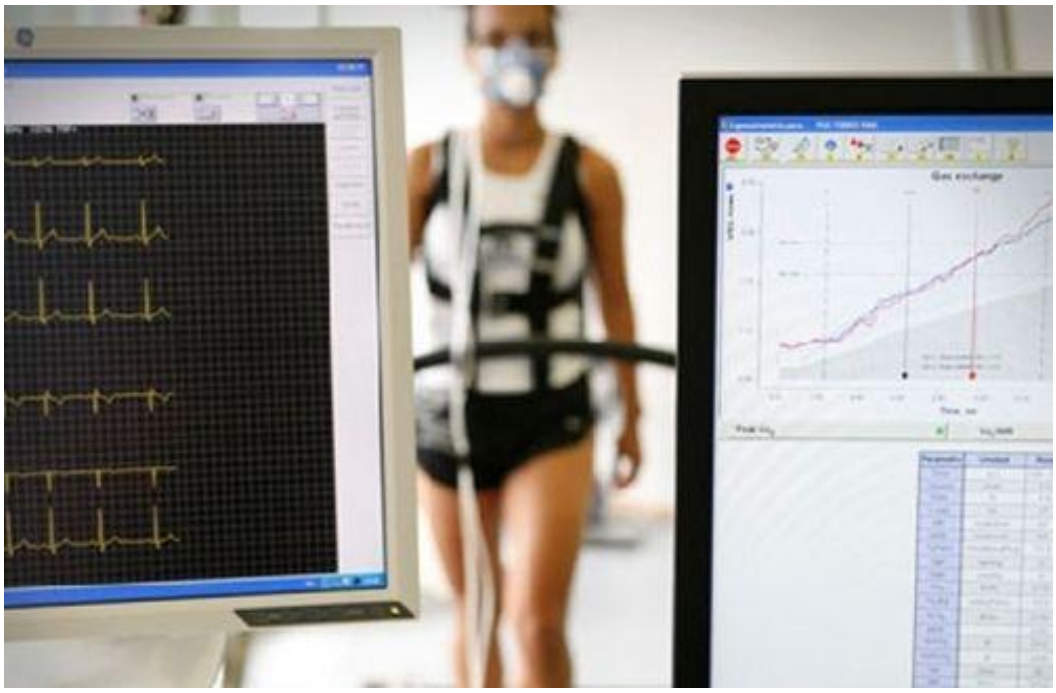


***Figura 2.8** Control del estado del estado físico de un sujeto en régimen continuo. Fuente: [10]*

La hidroterapia a mitades del siglo XX era un tratamiento relativamente al alcance de casi todo el mundo, y cogió mucha importancia tras la segunda guerra mundial debido a la importancia que se le dio a la relajación (para combatir neurosis, estrés y otras enfermedades neurológicas derivadas de los efectos de la guerra).

Un instrumento en concreto, el tanque Hubbard (figura 2.9), tuvo mucho éxito hasta finales del s. XX, pudiéndose encontrar hoy en día, en cualquier centro con servicio de hidroterapia y otros complejos termales. Este, ofrece una modalidad de baño hidro-mineral termal de inmersión completa que tiene como propiedades, la disminución de la fuerza de gravedad por la flotación, el agua

climatizada y mineralizada y un sistema de hidropulsores para masajes subcutáneos. [11].

***Figura 2.9** Paciente bajo hidroterapia en baño Hubbard. Fuente: [12]*

Las nuevas tecnologías de finales de siglo revolucionaron los avances en tratamiento de lesiones relacionadas con la médula como la paraplejia entre otras, incorporándose las máquinas de ultrasonidos, la electroterapia, la fototerapia, magnetoterapia, el biofeedback e incluso la rehabilitación mediante el uso de realidad virtual con el uso de un complejo software informático, del que se hablará en el apartado 3.2.3.

CAPÍTULO 3: LA UNIDAD DE REHABILITACIÓN

Uno de los grandes objetivos del trabajo es catalogar y analizar tanto los equipos como su lugar de actuación, con el fin de proponer un modelo de distribución más efectivos, teniendo en cuenta las funciones y objetivos del proceso de rehabilitación.

Este capítulo, se dedicará al estudio estructural de la unidad de rehabilitación del Hospital Clínico (URH) y a la caracterización de los equipos biomédicos de los que dispone. Se hablará sobre la distribución actual del material en sala y se realizará un inventario de los equipos de terapia.

También se hará un inciso en las tecnologías emergentes usadas en rehabilitación, cogiendo como objeto de este punto la mascará de realidad virtual Oculus Rift.

3.1 Análisis estructural

Este apartado esta dedicado a un estudio general a nivel de infraestructura de la URH, por lo que en un primer lugar, se hablará de sus características a nivel de planta, dando a conocer tanto los espacios en uso, como en desuso de los que dispone.

Planta baja

En la planta baja del Hospital Clínico de Barcelona (Anexo 2 y figura 3.1) es donde se encuentra la recepción, la sala de espera, y antes de llegar a la primera sala de rehabilitación, los despachos de consulta de médicos y una pequeña sala para pruebas funcionales.

Interesa sobre todo analizar el espacio dedicado a la rehabilitación, pues es en este, donde visto el modus operandi actual, donde se intentará introducir un método más efectivo de orientación al paciente, por tal de acelerar y/o optimizar el proceso de terapia y su paso por la unidad.

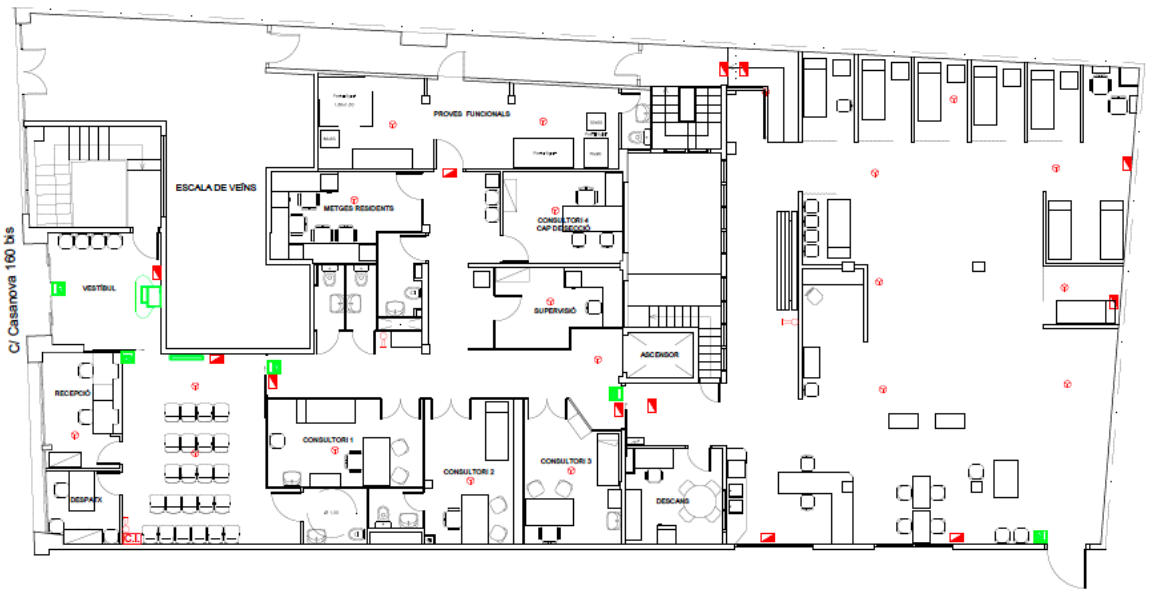


***Figura 3.1** Plano planta baja de la URH. Fuente: Hospital Cínic*

La sala de rehabilitación principal se corresponde con la parte derecha de la imagen del plano, una vez se cruza el almacén. En este lugar, es donde los pacientes guiados por los fisioterapeutas siguen todo un circuito de actividades

fijadas según su nivel de lesión o disfunción, tras haber sido diagnosticada previamente por el doctor especialista.

Además del mobiliario, los consultorios y los despachos de los fisioterapeutas, se encuentran los equipos biomédicos usados para la terapia de los pacientes que serán introducidos en el siguiente capítulo.

La planta sótano (figura 3.2), esta dedicada única y exclusivamente a pacientes con afecciones, lesiones o traumas que refieren al tronco superior.

Bajando las escaleras situadas en la esquina superior izquierda de la figura anterior, se encuentran los vestuarios y se accede a la planta sótano, dedicada a pacientes con dolencias, afecciones y traumas de tronco inferior. Como se puede apreciar en la figura 3.2, esta sala de rehabilitación tiene el las mismas dimensiones que la de la figura 3.1.

***Figura 3.2** Plano planta sótano de la URH. Fuente: Hospital Clínic*

En esta planta además del espacio dedicado a la rehabilitación de pacientes con lesiones en el tronco inferior, se encuentra una tercera sala, dedicada para actividades dirigidas en grupo, el aula Miguel Servet donde se imparten formaciones internas y seminarios y los consultorios 4, 5 y6, dedicados exclusivamente para la rehabilitación a las pacientes que padecen o han padecido de cáncer de mama.

En la parte central de la sala de rehabilitación principal de esta planta, se encuentran las camillas emparejadas de dos en dos y separadas por una Jaula de Rocher (estructura de paneles unidos entre sí que se usaba antiguamente para

practicar distintas técnicas de terapia de suspensión, pesas y poleas), actualmente en desuso.

En el extremo inferior izquierdo del plano (3.2) se encuentra una puerta que además de ser salida de emergencia da acceso al patio exterior, de gran amplitud que no obstante no esta orientado para ningún tipo de ejercitación.

Esta ha sido una introducción a las plantas de la URH y a su espacio dedicado en concreto a la fisioterapia. En el capítulo 6, se hablará del modelo actual que sigue la dinámica de terapias dentro de dichas salas, de las necesidades de cambio de orientación de estas y se acabará introduciendo un modelo nuevo que mejore el servicio y contribuya más eficientemente a la recuperación del paciente.

3.2 Equipamiento biomédico

A continuación se presentan el equipamiento que se encuentra en la unidad de rehabilitación actual.

3.2.1 Inventario

La unidad dispone de:

- 5 equipos de magnetoterapia
- 4 equipos de Electroestimulación convencional
- 8 equipos de electroestimulación transcutánea
- 6 equipos de ultrasonidos
- 1 equipo de ondas de choque
- 4 equipos de emisión de microondas
- 2 lámpara de emisión de calor por infrarrojos
- 1 equipo de posturografía, la plataforma dinamométrica
- 1 baño de parafna

3.2.2. Datos técnicos

Con el fin de reagrupar los datos técnicos y las características de más importancia y relevancia de los equipos de los que dispone el inventario de la unidad, se han realizado las fichas técnicas de los equipos. Véase anexo 1. La tabla 3.1 es un ejemplo de una ficha técnica de un equipamiento de electroestimulación transcutánea o T.E.N.S.

- Helios TENS eco 2

Tabla 3.1 - Ficha técnica equipo de electroestimlación Helios TENS eco 2

Nº de canales	**2**
Intensidad máxima	100 mA
Ancho de pulso	0,5 – 120 Hz
Alimentación	Batería
Dimensiones	114 x 59 x 27 mm
Peso	300 g
Nº de programas	12 en memoria y 12 libres

3.2.3. El tratamiento: Información y descripción del equipamiento

A continuación se describen equipos relacionados con los siguientes tratamientos:

- Magnetoterapia
- Ultrasonidos
- Emisión de microondas
- Ondas de choque
- Terapia con rayos infrarrojos
- T.E.N.S
- Electroestimulación convencional
- Posturografía
- Realidad Virtual

- **Magnetoterapia**

La Magnetoterapia es una terapia alternativa a la medicina tradicional que consiste aplicar campos magnéticos generados en bobinas, sobre una zona del cuerpo humano aquejada de disfunción o trauma, pudiendo controlar la frecuencia e intensidad de estos [13].

Se basa en que tanto el planeta como nuestro cuerpo son generadores naturales de campos electro-magnéticos, por lo que alteraciones producidas en dicho campo debido a la interacción con la Tierra y otros seres vivos, producen cambios físicos en las personas. Es una técnica aprobada por la FDA (Food & Drugs Administration) para su uso en fines médicos, pero sobretodo en tratamientos de articulaciones y lesiones musculares, tales como:

- **Artritis** y otros problemas de articulaciones o huesos.
- **Migrañas**
- **Dolor**, tanto leve como grave o crónico
- **Lesiones** Musculares o de Ligamento, tendones y esguinces
- **Depresión**, **Estrés** o **Ansiedad**
- **Cáncer**

Su aplicación, consigue una gran serie de resultados, ventajas y beneficios para el organismo, de entre los cuales se destacan:

- La relajación muscular
- La vasodilatación
- La regeneración de tejidos
- Efecto antiinflamatorio
- Mejoría de la circulación y estimulación del retorno venoso
- Estimulación del Calcio en los huesos
- Efecto analgésico
- Relajación generalizada: Alivia ansiedad, estrés y depresión
- Ayuda a dar una mejor respuesta contra el cáncer.

Varimag 2E

Con una vida útil de hasta 10 años, este equipo (figura 3.3) pertenece a la última generación en equipos de magnetoterapia, fabricado con la más avanzada tecnología, conseguida en basa a la utilización de microprocesadores y utilizando los mejores materiales disponibles en la actualidad.

Su funcionamiento está totalmente automatizado y se ha pensado, para que con un solo canal, se puedan cubrir todas las terapias posibles, consiguiendo además reducir en un 50% la posibilidad de averías comparado con equipos de dos canales.

***Figura 3.3** Equipo de magnetoterapia Varimag 2E: Fuente propia*

Mediante el equipo VARIMAG – 2E se puede elevar y controlar con toda exactitud su frecuencia hasta los 100 Hz en escalones de 10 valores diferentes, así como su intensidad magnética hasta los 180 Gauss de pico (100 Gauss eficaces) con 8 valores sucesivos.

- **Ultrasonidos**

Las oscilaciones ultrasónicas se tratan, esencialmente, de compresiones y dilataciones periódicas de la materia que se propagan a través de la misma a una velocidad determinada a partir del generador que las origina. Estas, siguen una frecuencia y según la rapidez en la sucesión de los impulsos, es mayor o menor el espacio entre los mismos, variando del mismo modo la longitud de onda. Hoy en día se dispone de la tecnología para producir oscilaciones de hasta muchos millones por segundo a longitudes de onda parecidas a las de la luz, con un gran nivel de control, lo que suponen una ventaja y diferenciación sobre la fisioterapia electromagnética.

Mediante el uso del ultrasonido continuo y pulsado como técnica terapéutica es posible conseguir la relajación del músculo y la reducción del dolor además de mejorar también la presión sanguínea y la recuperación de los tejidos. Cabe destacar, que este tipo de terapia, tiene la propiedad de prevenir lesiones de tipo perióstico que se manifiestan siempre antes de que se ocasionen lesiones irreversibles. [14].

Las lesiones bajo las cuales se implementa este tipo de terapia con más frecuencia son:

- Artritis
- Capsulitis
- Desgarro de ligamentos
- Contusiones/Distorsiones
- Tendiditis
- Cicatrices en tejido
- Tensión del músculo
- Epicondilitis

En la URH se encuentran los equipos (Anexo 1) de ultrasonidos de Enraf Nonius: Sonopuls 190, Sonopuls 490 (figura 3.5), Sonopuls 434 (figura 3.8); de Helios Pulson 200 (figura 3.7), el Phyaction E de UniPhy Action (figura 3.9) y el BTL – 4825S Premium (figura 3.6), que se ha adquirido muy recientemente.

Debido a la gran similitud y fin de los tres equipos anteriores, se analizará con más detalle el primero de los citados, el Sonopuls 190 (figura 3.4):

Sonopuls 190

El Sonoplus 190 (figura 3.4) es una unidad para terapia de ultrasonido continuo y pulsado en una frecuencia de 1 MHz. Todas las funciones de la unidad son controladas y monitorizadas por un microprocesador interno, asegurando un alto grado de fiabilidad y seguridad.

La cabeza de tratamiento grande está permanentemente conectada a la unidad y tiene excelentes características de haz, reuniendo completamente las necesidades de los estándares existentes.

El control de contacto en combinación con las buenas características del haz emitido, mantiene la calidad del tratamiento. La seguridad máxima es inherente al diseño de la unidad y cabe recalcar que tanto la seguridad eléctrica como la del equipo cumplen completamente con las normas del CEI (Comisión Electrotécnica Internacional).

Según la lesión a tratar, los ciclos de trabajo del Sonopuls 190 variarán como se ve en su ficha técnica (Anexo 1), manteniéndose sobre un rango del 20% y 100%, con una intensidad de entre 0,4 W/cm^2 y 1,0 W/cm^2 y tiempo de trabajo de entre 4 min y 10 min.

***Figura 3.4** Equipo de ultrasonido Enraf Nonius, modelo Sonopuls 190. Fuente propia*

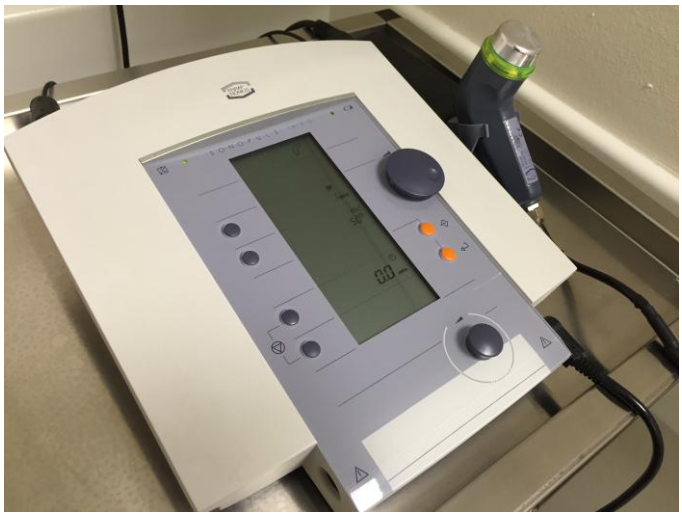


***Figura 3.5** Equipo de ultrasonidos Enraf Nonius, modelo Sonopuls 490. Fuente propia*

***Figura 3.6** Equipo de ultrasonidos BTL, modelo 4825S Premium. Fuente propia*

***Figura 3.7** Equipo de ultrasonidos Helios, modelo Pulson 200. Fuente propia*

***Figura 3.8** Equipo de ultrasonidos Enraf Nonius, modelo Sonopuls 434. Fuente propia*

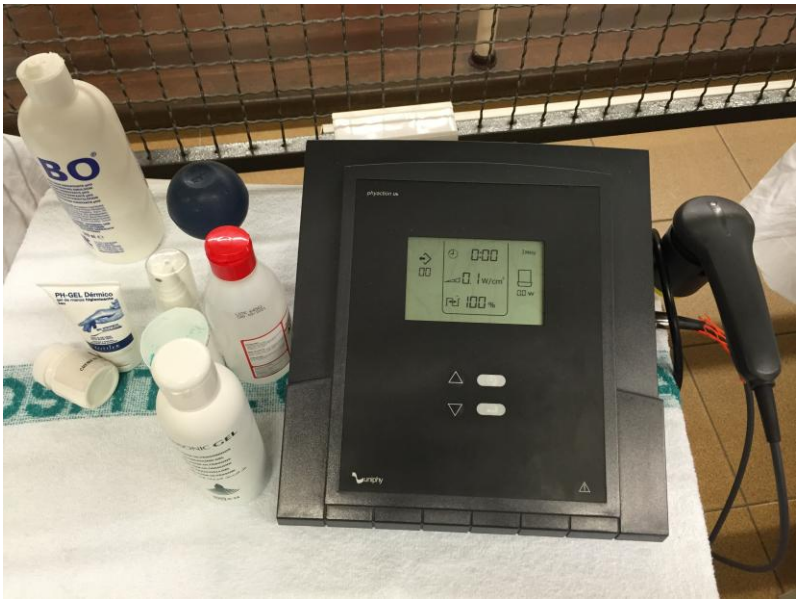


***Figura 3.9** Equipo de ultrasonidos Helios, modelo: Uniphy Phyaction E. Fuente propia*

- **Emisión de microondas**

El efecto terapéutico del calor ha sido usado desde el inicio de la ciencia médica.

Actualmente, los equipos de terapia por emisión de microondas son de los más extendidos a nivel de hospitales, clínicas y centros de fisioterapia tanto públicos como privados. Esto se debe a las propiedades que este tipo de ondas de alta frecuencia (2425 MHz, longitud de onda de 12 cm), en consonancia con el equipo aplicador, ofrecen a la hora de realizar un tratamiento.

Entre los aspectos más destacables, se encuentra su alto nivel de direccionamiento, y la gran aceptación y buena reciprocidad por parte del paciente, que bajo su acción, recibe una sensación de alivio del dolor mediante un calor agradable.

Este tipo de ondas penetran menos que la onda corta y calientan más el tejido graso que el músculo, resultando optimas para su aplicación en tejidos cercanos a la piel pese a que pierden eficacia si se buscan profundidades mayores. [15].

Entre sus principales aplicaciones, las microondas en fisioterapia se usan para tratar primordialmente:

- Contusiones
- Torceduras
- Esquinces
- Hematomas
- Hemartrosis
- Fracturas

En la URH, se encuentran a disposición los equipos de microondas Radarmed 650+ de la casa Enraf Nonius y el Varitron – 250 EP (figura 3.12 y 3.13), de la casa Helios (Anexo 1). Debido a las grandes similitudes a nivel técnico entre los dos equipos, se tomará como objeto de estudio el primero citado:

Radarmed 650+

El equipo Radarmed 650+ (figuras 3.10 y 3.11) trabaja con la frecuencia de onda ya mencionada anteriormente, 2425 MHz, y es extremadamente adecuada para aplicación localizada del calor en los tejidos profundos, debido la buena absorción que presentan los tejidos a la longitud su longitud de onda de 12 cm.

Dota de un indicador de la intensidad que nos permite la división de dosis de calor, pues es este el efecto predominante que se busca con su terapia. Se pueden dar dosis pequeñas de 60 W, medianas de 120 W, y grandes de hasta 180 W o 200 W. Ofrece la posibilidad de generar ondas continuas y pulsadas. Es en estas últimas, donde se amplían las posibilidades de terapia significativamente, ya que al generar pulsos a una intensidad fija, se llega a tejidos más profundos que aplicando el tratamiento en régimen continuo.

Otros equipos de microondas disponen de solo dos tipos de cabezales de tratamiento. El Radarmed 650+, incluye 3:

- Radiador de campo local
  Permite efectos de campo mayor de profundidad para obstenerse sobre áreas más pequeñas
- Radiador longitudinal
  Diseñado para tratamiento de extremidades.
- Radiador de campo grande
  Usado para las áreas grandes del cuerpo, diseñado para adaptarse a los contornos de este. Muy apropiado para el tratamiento de zonas aisladas como por ejemplo hombros, rodillas o músculos grandes de la espalda. (E. Nonius).

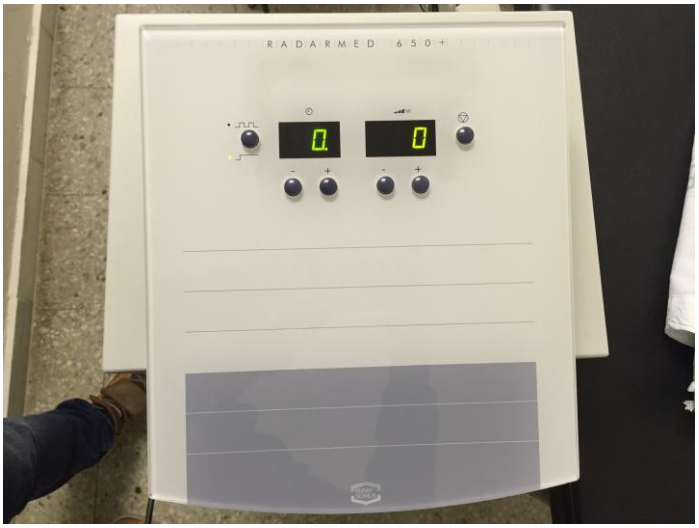


***Figura 3.10** Equipo de microondas Enraf Nonius, modelo Radarmed 650+. Fuente propia*

***Figura 3.11** Equipo de microondas Enraf Nonius, modelo Radarmed 650+. Fuente Propia*

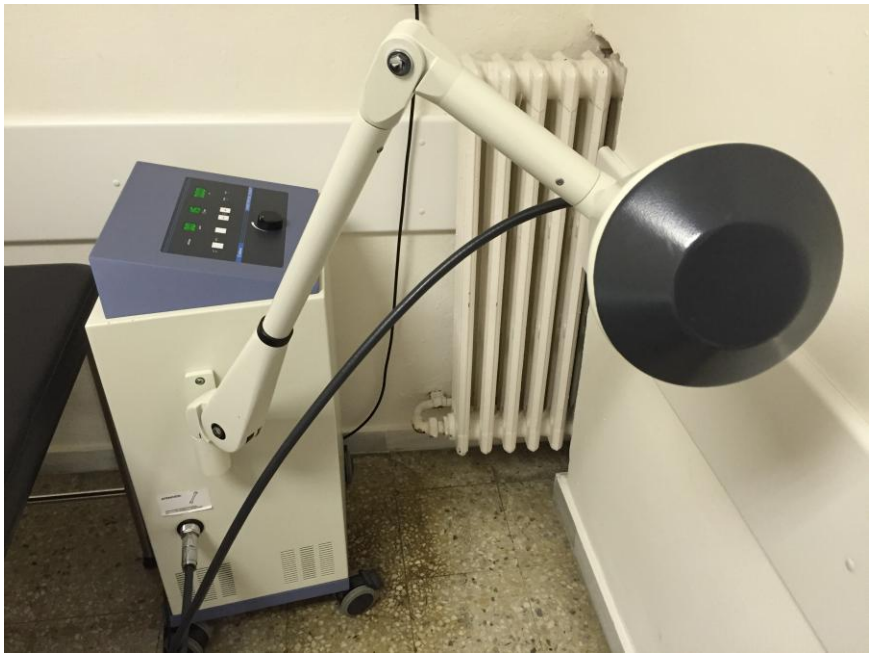


***Figura 3.12** Equipo de microondas Helios, modelo Varitron 250 – EP. Fuente propia*

***Figura 3.13** Equipo de microondas Helios, modelo Varitron 250 – EP. Fuente propia*

- **Ondas de choque**

Las ondas de choque son ondas sonoras o acústicas de alta energía y presión que pueden viajar grandes distancias siempre que la impedancia acústica se mantenga. Sin embargo, cuando esta varía, se libera energía, y cuanto mayor es la variación de dicha impedancia, mayor la liberación de energía.

Esta energía liberada en la región de los tejidos afectados tiene un efecto fisiológico positivo al generarse una constante compresión y descompresión de las células que están siendo afectadas.

Sobre el cuerpo humano, la aplicación de las ondas de choque tienen efectos notables en huesos y el tejido blando. Generalmente, en trastornos subadgudos y crónicos, se estimula la reiniciación de procesos de curación estancados por la lesión que pudiera padecer el paciente. Además, este tipo de tratamiento también crea una analgesia transitoria e incompleta, efectos que hasta día de hoy son objeto de estudio. [16].

A día de hoy, las afecciones que se están tratando con esta técnica y sus respectivos equipos de dividen en dos grandes grupos, las dermatólogas y las ortopédicas, entre las cuales se citan algunos ejemplos como:

- Lesiones de piel no cicatrizantes, agudas y crónicas
- Lesiones post- traumáticas

- Alteraciones postquirúrgicas de cicatrización
- Úlceras venosas y arteriales
- Úlceras por decúbito
- Tendiditis
- Epicondilitis
- Lesión del tendón peróneo
- Síndrome del pie diabético
- Quemaduras

Orthogold 100

El equipo de ondas de choque Ortogold 100 (figura 3.14) viene con varios aplicadores o cabezales de terapia, que proporcionan una amplia gama de profundidad de penetración, energía y tamaño del punto focal. La elección de la sonda puede determinarse con la ayuda de una ecografía para medir la profundidad del objetivo.

Con este dispositivo es muy fácil aplicar las ondas de choque en la región de tratamiento gracias a su grado de maniobrabilidad y comodidad del diseño. Esta dotado de un pedal que acciona las ondas que salen del manguito para ergonomizar la aplicación. Al cabezal, se le aplica gel para el contacto cutánea que se aplica sobre el punto de aplicación. Se aplica una presión de 6 unidades de Agua y el paciente recibe por sesión habitualmente hasta 600 impulsos. En el panel de mando se escoge la frecuencia de disparo.

Cada 100 impulsos recibidos, se valora regular las condiciones, al igual que se varia ligeramente el punto de aplicación para cubrir más área. La dosis habitual esta en 600 impulsos, y la densidad de energía recibida oscila entre 2200 mJ y 2500 mJ

El paciente que se somete a esta terapia suele hacer no más de 3 sesiones

***Figura 3.14** Equipo de ondas de choque MTS Medical, modelo: Orthogold 100. Fuente: [17]*

- **T.E.N.S. (Inducción de Corriente)**

De las siglas dadas por 'Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation', este tratamiento se conoce como estimulación eléctrica del nervio periférico con electrodos de superficie a través de la piel mediante equipos portátiles

Este tipo de electro estimulación por corrientes, esta pensado para tratar la sensación de dolor del paciente, que parte de los receptores nerviosos existentes en todo nuestro cuerpo, los cuales, en presencia de un estímulo, generan un impulso eléctrico que, atravesando la fibras nerviosas, llega a la médula espinal, y desde esta se transmite hasta el cerebro.

La aplicación de este método supuso uno de los mayores avances en la investigación del tratamiento del dolor pues se demostró, que en efecto, mediante impulsos eléctricos, las señales que emiten los receptores nerviosos y que provocan el dolor, pueden ser neutralizadas antes de que lleguen al cerebro. [18].

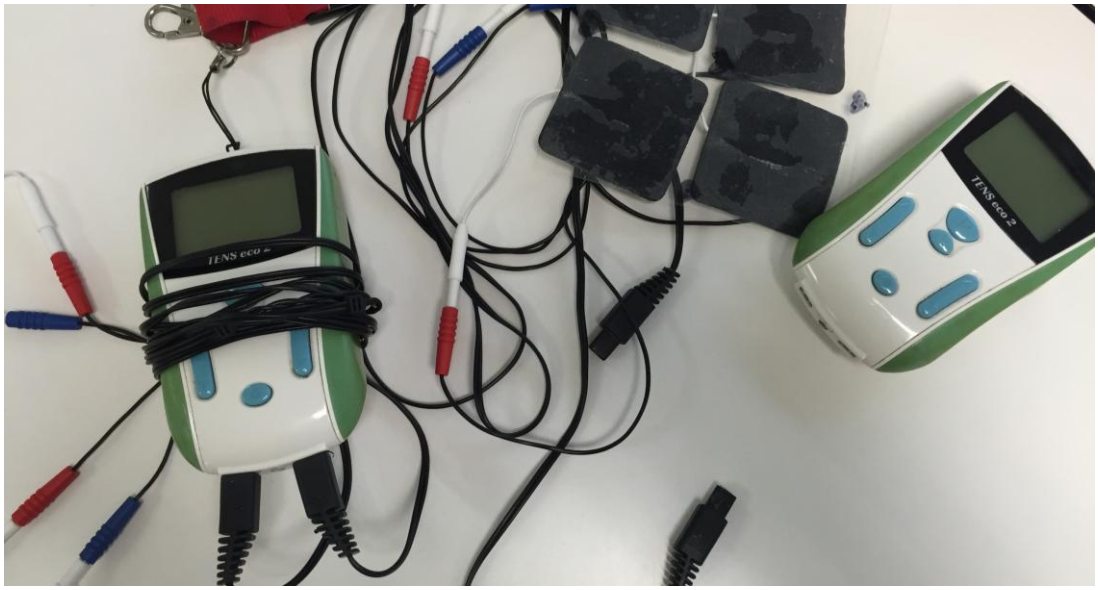


***Figura 3.15** Equipo de electroestimulación T.E.N.S Helios, modelo TENS eco 2. Fuente propia*

En la URH, se encuentran a disposición de los pacientes dos modelos de electroestimuladores transcutáneos T.E.N.S, el TensMed 931 de la casa Enraf Nonius y el TENS eco 2 (figura 3.15) de la casa Helios. Debido a la similitud de los equipos, se analizará con más detalle el primero de los citados:

TensMed 931

De entre las características técnicas que da el fabricante (anexo 1), los parámetros que definen las corrientes estimulantes y resultan de mayor interés sobre este equipo son: el tipo y forma de los pulsos que genera, su intensidad (mA), su frecuencia (Hz) y su anchura.

El equipo TensMed 931 (figura 3.16) es un equipo portátil que tiene dos canales con 12 programas libres y otros 12 preestablecidos que entre otros efectos, nos permiten la estimulación dinámica del tejido donde se aplica.

En la URH, cuando un paciente se somete a este tratamiento, se le aplican electrodos en la zona afectada tras aplicar un gel de solución salina de NaCl 0.9%. La duración de la sesión de T.E.N.S. es de 15 minutos, donde los pacientes han de notar un hormigueo sin recibir dolor, a una tensión entre 10 – 20 mV.

***Figura 3.16** Equipo de electroestimulación transcutánea Enraf Nonius, modelo TensMed 931. Fuente propia*

Electroestimulación convencional

Este tipo de tratamiento sigue una dinámica muy parecida al tratamiento introducido anteriormente (T.E.N.S) sin embargo este, en lugar de proporcionar un efecto analgésico, tiene como objetivo estimular y fortalecer el grupo o zona muscular donde se aplica.

En la URH, se dispone de una gran variedad de equipos de electroestimulación como son el SIRIO dual stimulator (figura 3.17) de BioHelp (Anexo 1) y el Bosch modelo Dynomed PM (figura 3.18).

Se analizará con más detalle el último de los citados:

Dynomed PM:

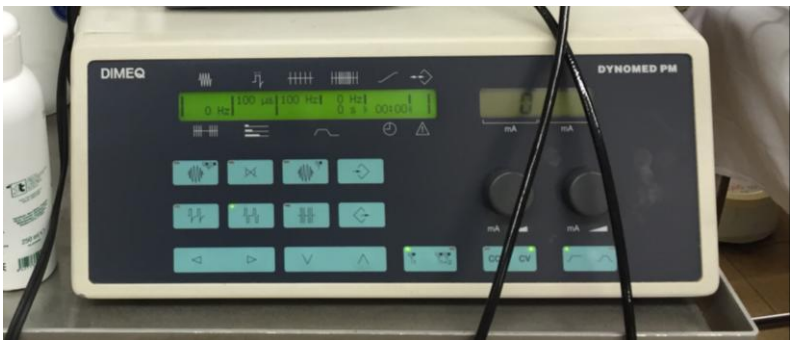


***Figura 3.17** Equiop de electroestimulación convencional Bosch, modelo Dynomed PM. Fuente propia*

Tanto este equipo (figura 3.17) como el anterior presentado, poseen el programa de electroestimulación convencional como el de terapia T.E.N.S.

Este en particular, ofrece 6 modos de funcionamiento disponibles con variación de frecuencias desde 1 a 200 Hz e intensidad regulable desde 1 a 60 mA.

***Figura 3.18** Equipo de electroestimulación Biohelp, modelo Sirio Dual Stimulator. Fuente propia*

- **Terapia Infrarroja (I.R.A)**

William Herschel fue el descubridor de este tipo de radiación en el año 1800 mientras hacía mediciones de las temperaturas de cada color de un cristal, percatándose de que estos tienen energía no visible, debido a que poseen una mayor longitud de onda (750 nm – 1000 μm) de la que el ojo es capaz de detectar, es decir, que va más allá del espectro visible. Los rayos infrarrojos son una forma de energía radiante, transmiten calor sin necesidad de contacto con la piel produciendo calor seco y superficial.

Se clasifican según su longitud de onda en 3 tipos: A (750 – 1500 nm), B (1500 nm – 3000 nm) y C (3000 nm – 10.000 nm) aunque en terapia, es más regular el uso del primer grupo, al tener una mayor penetración pero menor absorción, llegando a los capilares y fibras nerviosas. [19].

Pese a la sutil penetración que tienen estos rayos sobre el cuerpo humano (de sólo 2 – 10 mm), pueden provocar efectos fisiológicos como:

- Mejora inmunológica (promueve la producción de glóbulos blancos).
- Aumento de la circulación de la zona en donde se aplica, favoreciendo el metabolismo y la eliminación de desechos de tejidos (mediante la sudoración).
- La pigmentación de la piel.
- Disminución del CO^2 en el sistema respiratorio, mejorando su ventilación.

Por acción del sistema nervioso vegetativo, genera bienestar general en el paciente y leve sedación dada por:

- Relajación muscular, que combate las contracturas por su efecto térmico.
- Analgesia tanto superficial como profunda de zonas doloridas
- Cicatrización más eficiente de la piel, por el aumento circulatorio.
- Disminución del estrés

Lámpara de infrarrojos FOCO – 3000

El equipo de infrarrojos FOCO – 3000 (figuras 3.19 y 3.20) esta compuesto de una lámpara que tiene una bombilla (figura 3.21) de color rojo que irradia calor de 250 W de potencia, una base giratoria, una articulación que nos permite la

movilidad para la aplicación en cualquier parte del cuerpo y un interruptor para el encendido y apagado del equipo.

***Figura 3.19** Lámpara de IR FOCO – 3000. Fuente propia*

***Figura 3.20** Lámpara de IR FOCO – 3000. Fuente propia*

***Figura 3.21** Bombilla IR Phillips de 250 W. Fuente propia*

- **Posturografía**

La posturografía es un método utilizado para evaluar el estado de equilibrio en el que se encuentra el paciente en rehabilitación. Permite evaluar el grado de disfunción y de compensación (respecto a la postura central), dando al doctor y/o rehabilitador una visión objetiva de las causas que le han llevado a encontrarse en esa situación y entender los efectos para que se le asigne un tratamiento en correspondencia. A medida que el paciente se le aplica la terapia, con el tiempo, se pueden identificar los patrones de rehabilitación y monitorización de la evolución del mismo, con el fin de modificar el proceso de rehabilitación en su conveniencia. [20].

Plataforma dinamométrica NeuroCom®

Esta plataforma (figura 3.22) esta diseñada para analizar la capacidad que tiene el paciente o sujeto para mantener el equilibrio dada una cierta patología que además permite analizar la evolución de la marcha del paciente de manera objetiva. Complementa valoraciones previas obtenidas anteriormente por los doctores y/o fisioterapeutas, donde se ha analizado entre otros aspectos el grado de movilidad articular y fuerza cervical. [21].

***Figura 3.22** Equipo de posturografía NeuroCom®. Fuente propia*

Se trata de una prueba muy reconocida y usada en el sector de la rehabilitación debido a su carácter objetivo, imparcial, preciso y reproducible. Entre los aspectos que más destacan de esta prueba, la plataforma dinamométrica (figura 3.23) permite:

- Valorar de forma funcional trastornos del equilibrio tales como: mareo, vértigo o sensación de inestabilidad entre otros.
- Atribuir problemas de equilibrio a los sistemas visual y propioceptivo o vestibular
- Reconocer de forma objetiva una exageración de afectación funcional o simulación de la misma.
- Rehabilitación de la alteración de la capacidad del mantenimiento del equilibrio según sea rehabilitación sensorial dinámica o bien rehabilitación del control centro gravedad y límites de estabilidad

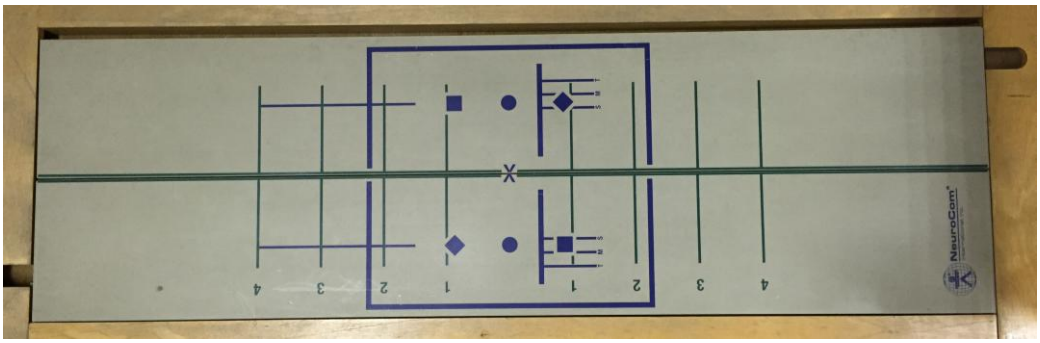


***Figura 3.23** Plataforma dinamométrica NeuroCom®. Fuente propia*

Baño de parafina

La parafina (figura 3.24) se trata de un hidrocarburo de aspecto blanquecino en forma de cera que resulta de la destilación del petróleo. Usada en muchos ámbitos, es reconocida y aplicada en rehabilitación por sus propiedades (Anexo 1) que la hacen idónea para tratamientos térmicos superficiales.

Desde el punto de vista terapéutico, sus propiedades más interesantes, son su alta maleabilidad y capacidad de generación de calor por conducción son las propiedades más relevantes de este tipo de cera. [22].

***Figura 3.24** Parafina sólida para rehabiltación. Fuente propia*

Por tal de usarse como agente de termoterapia, se debe elevar la temperatura de la parafina a su punto de fusión (53ºC), donde permanece en estado líquido, ya que en contacto con el aire, se solidifica de inmediato, creando a su vez una capa aislante. [23].

Su aplicación realizarse de cuatro maneras:

- Mediante compresas
- Técnica de Batido
- Embrocaciones
- **Inmersión**

***Figura 3.25** Baño de parafina Enraf Nonius 933. Fuente propia*

La técnica más común y extendida en rehabilitación es la de inmersión (figura 3.25), en la que los pacientes sumergen sus extremidades hasta que esta cubre la lesión. El fin de este método es preparar los tejidos para que empiecen a moverse.

En la URH, pueden haber hasta 4 manos en el baño de parafina (ficha técnica en Anexo 1). Al introducir las manos, tienen que dejarlas 10 minutos inmóviles dentro de la cera. Se ha calculado que el tiempo de cesión de energía de la parafina no es mayor a los 15 – 20 minutos, por lo que pasado este tiempo, el tratamiento con el baño de parafina termina y los sujetos pueden proceder con las demás estaciones del tratamiento a seguir. Una capa de parafina irá

recubriendo el tejido hasta formar una película en forma de guante alrededor de la zona sumergida que más tarde retirarán y volverán a introducir en el baño.

3.2.3 Nuevas tendencias: Realidad Virtual (VR)

La rehabilitación funcional es una disciplina de la medicina tan antigua y tradicional, que apenas se han hecho grandes avances tecnológicamente hablando. Es cierto que se han desarrollado muchas técnicas, y han aparecido todo un abanico de equipos que han hecho prosperar el sector en gran medida, pero realmente se trata de los menos afectados por la gran revolución tecnológica que se esta viviendo en el último siglo.

En este punto se hablará y se dará a conocer la tecnología de Realidad Virtual dentro el ámbito de la rehabilitación usando como modelo, Las gafas de realidad virtual Oculus Rift (figura 3.26).

***Figura 3.26** Equipo de Realidad Virtual Oculus Rift. Fuente: [24]*

Este tipo de dispositivo fue diseñado sobretodo para el sector del videojuego, animación multimedia y cinematográfico. No obstante sus posibilidades según avanza su desarrollo se están expandiendo hasta nuevos horizontes, incluido el clínico. Actualmente se están realizando pruebas experimentales en clínicas, laboratorios y hospitales españoles para determinar la eficacia de este equipo

como medida de tratamiento de inmersión, en el periodo comprendido entre la operación y el inicio de una rehabilitación funcional convencional.

La máscara esta conectada a un dispositivo *Smartphone* que hace de soporte visual del programa y a un ordenador desde el que lanza dicho programa y software desarrollado para la experiencia de realidad virtual en concreto que se quiera transmitir al paciente.

La calidad del tratamiento dependerá siempre de que el equipo PC al que se conecte la máscara, cumpla las especificaciones técnicas del fabricante para obtener una óptima experiencia en VR. [Anexo 1]. [25].

Con el uso de esta tecnología, se quiere demostrar que sufrida una lesión o fractura, mediante el ejercicio mental a través de estímulos gráficos recibidos a través de esta interfaz, se puede engañar al Sistema Nervioso Central (SNC) por tal de acelerar la osteosíntesis, el proceso de reparación y regeneración de tejidos, de conexiones (sinapsis) de nervios dañados, etc, de manera que el paciente pueda empezar la rehabilitación funcional tradicional antes y con una mejor calidad muscular y ósea que sin el uso de esta técnica.

Esta pensada para pacientes que necesitan rehabilitación y que no pueden mover alguna de sus extremidades debido a la escayola puesta en régimen de post operación y antes de delegarse a un fisioterapeuta, los resultados de las pruebas siempre se evalúan por un doctor.

La dinámica que sigue una sesión de tratamiento con VR es la siguiente:

Llegado el paciente, se inicia el proceso de Set-up del programa informático que ha sido previamente diseñado previamente para darle este uso especifico.

Al paciente se le da la mascara de realidad virtual con la que se tapa los ojos; unos auriculares desde donde le llegarán instrucciones del ordenador que soporta el programa de rehabilitación diseñado y un pedal con el que mediante su pulsión, se cambia de ejercicio.

En el momento en el que el paciente ya tiene todo el equipamiento colocado se apagan las luces, algo que se mantendrá así hasta el final de la sesión, que suele tener una duración de entre 15 y 25 minutos. El paciente (que presenta lesión en alguno de sus brazos) se mantendrá inmóvil durante toda la sesión, apoyando sobre la mesa los antebrazos, manteniendo una postura erguida y correcta.

Las sesiones de este método de rehabilitación todavía experimental se están realizando 3 veces a la semana con el mismo sujeto en módulos con diferentes ejercicios durante 4 y 5 semanas, que es el tiempo aproximado (en función de la lesión) en el que el paciente deberá permanecer inmóvil hasta poder empezar la rehabilitación tradicional

Con las directrices de los doctores/as y rehabilitadores/as, un equipo informático es el que diseña el programa y rutina de ejercicios que el paciente deberá realizar virtualmente.

Es en este momento, donde empiezan las pruebas virtuales y el trabajo de inmersión del paciente, pues deberá seguir una rutina virtual, en la que desde un punto de vista virtual en primera persona y aparentemente sin lesión en el brazo pertinente, realizará los ejercicios comandados desde el ordenador, explicados a través de los auriculares, vistos mediante la máscara Oculus y cambiados por el accionamiento del pedal por parte del paciente.

En dichas pruebas virtuales, pueden aparecer ejercicios como torsiones de brazo, flexiones de dedos tanto grupales como individuales, elevaciones laterales, etc, y el paciente, deberá contarlas en voz alta antes de cambiar de ejercicio.

El fin que persigue esta dinámica es engañar al Sistema Nervioso Central (SNC), al cerebro, para acelerar los procesos naturales de curación y sanación mediante la generación de células óseas, musculares o tejido conjuntivo, acortando el tiempo de reposo que el paciente debe hacer tras la operación, para que pueda empezar el tratamiento convencional antes, y con una calidad a nivel muscular, óseo y nervios mejor, de modo que facilite, acorte y optimice al paciente, doctor y fisioterapeuta, su tratamiento. De este modo se pueden ahorrar grandes cantidades de recursos al hospital y al paciente, traduciéndose en un ahorro económico importante.

Tras el tratamiento, se encienden de nuevo las luces y se le realiza un cuestionario al paciente y una serie de pruebas físicas para analizar y valorar los progresos respecto a la sesión anterior. Estas pruebas son tales como:

- Fuerza
- Porcentaje de masa muscular
- Grado de movimiento (con el goniómetro)
- Fuerza de pinza de los dedos
- Dolor en la zona afectada (con una escala del dolor de 0 a 10)
- Reflejos y agilidad

La tecnología en general lidera el mundo actual, y cada vez más, se ve su inclusión en sectores más diversificados. Desde el 2012, se han realizado inversiones millonarias por parte de grandes empresas como Sony, Facebook o Microsoft apostando por la realidad virtual (figura 3.27), la cual se encuentra en auge y ya esta empezando a dar resultados positivos en el sector hospitalario para el tratamiento de lesiones.

***Figura 3.27** Persona con la mascara Oculus VR y auriculares. Fuente: [26]*

CAPÍTULO 4: FUNCIONES Y OBJETIVOS DEL PROCESO DE REHABILITACIÓN

La rehabilitación busca la mejora parcial o integral del paciente en tratamiento. No obstante, en función de la zona donde se encuentre la lesión, las funciones y objetivos de la terapia estarán orientados de una forma u otra.

4.1. Tipos de rehabilitación

Definir dichas funciones y objetivos puede hacerse de manera general tal y como viene descrito por la Sociedad Española de Rehabilitación y Medicina Física (SERMEF): "*La Medicina Física y rehabilitación es la especialidad médica a la que concierne el diagnóstico, evaluación, prevención y tratamiento de la incapacidad encaminados a facilitar, mantener o devolver el mayor grado de capacidad funcional e independencia posibles. El ámbito de actuación engloba enfermos con*

patologías del aparato locomotor, neurológicas, infantiles y del desarrollo, vasculares y del sistema linfático cardiorrespiratorias, del suelo pélvico, de la comunicación, etc". [27].

Pero no obstante sería un error quedarse solamente con estos principios generales, pues como bien dice la descripción anterior y como se ha visto anteriormente, la rehabilitación es una disciplina de la medicina que actúa en prácticamente todos los ámbitos y sectores del hospital, pudiendo tratar a pacientes que provienen de una disfunción o lesión diferente cada vez.

La especialidad se configura como un servicio a la sociedad y al interés de esta por el estado de salud y la discapacidad de las personas. A este respecto el ejercicio profesional del MFR toma en consideración la dignidad humana y desarrolla su actividad asistencial con criterios éticos y deontológicos.

De este modo, se distinguirán, por tal de introducir las funciones y objetivos de la rehabilitación funcional, entre los siguientes aparatos:

- Cardiovascular
- Respiratorio
- Locomotor
- Rehabilitación infantil

4.2. Funciones y objetivos

A continuación, se darán las funciones y objetivos que persigue la rehabilitación de los aparatos citados en el punto anterior.

Aparato locomotor

El médico especialista en rehabilitación se forma en los contenidos teóricos y en la praxis de las enfermedades que producen discapacidad con mayor frecuencia. La discapacidad física está directamente relacionada con los trastornos de la función motora que conducen a una restricción de la movilidad y es por ello, que cuando se trata el sistema locomotor, se busca la recuperación de los movimientos naturales del cuerpo.

Respiratorio

La rehabilitación respiratoria (RR) ha demostrado mejorar la disnea o dificultad al respirar, la capacidad de esfuerzo y la calidad de vida relacionada con la salud en los pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC). En otras enfermedades diferentes de la EPOC también ha mostrado beneficios, aunque el grado de evidencia es menor. El entrenamiento muscular, la educación y la fisioterapia respiratoria, siendo aconsejable también contemplar la terapia ocupacional, el soporte psicosocial y la intervención nutricional son los componentes fundamentales de los programas de este tipo de rehabilitación. Los programas domiciliarios han demostrado igual eficacia que los hospitalarios. No obstante, es más común encontrar a los pacientes que necesitan este tipo de rehabilitación en centros especializados. La duración de los programas de RR no debe ser inferior a 8 semanas o 20 sesiones. La RR iniciada precozmente, incluso durante las exacerbaciones, ha demostrado ser eficaz y segura.

Cardiovascular

El objetivo fundamental de la rehabilitación cardíaca es el incremento en la calidad de vida de los enfermos y, si fuera posible, mejorar el pronóstico de estos. Con tal fin es necesario trabajar de forma coordinada con las distintas especialidades médicas y de actuaciones de distintas disciplinas. Las de índole psicosocial incidirán de forma preferente en la calidad de vida del paciente, las pautas de control de los factores de riesgo y el entrenamiento físico también lo harán sobre el pronóstico de modo que se vean mejoras significativas y progresos adecuados en los sujetos. [28].

Rehabilitación infantil

El comportamiento de determinadas patologías en la edad pediátrica, ha cambiado en los últimos años gracias a los avances médicos, tanto en el ámbito de la investigación como en el asistencial. Como consecuencia, se ha observado una importante disminución de la mortalidad y a su vez un aumento de la discapacidad, aunque es difícil conocer exactamente la incidencia de esta. La intervención precoz de la rehabilitación ayuda a un mejor desarrollo psicomotor del niño (figura 4.1) tomando en cuenta el grado de discapacidad. [29].

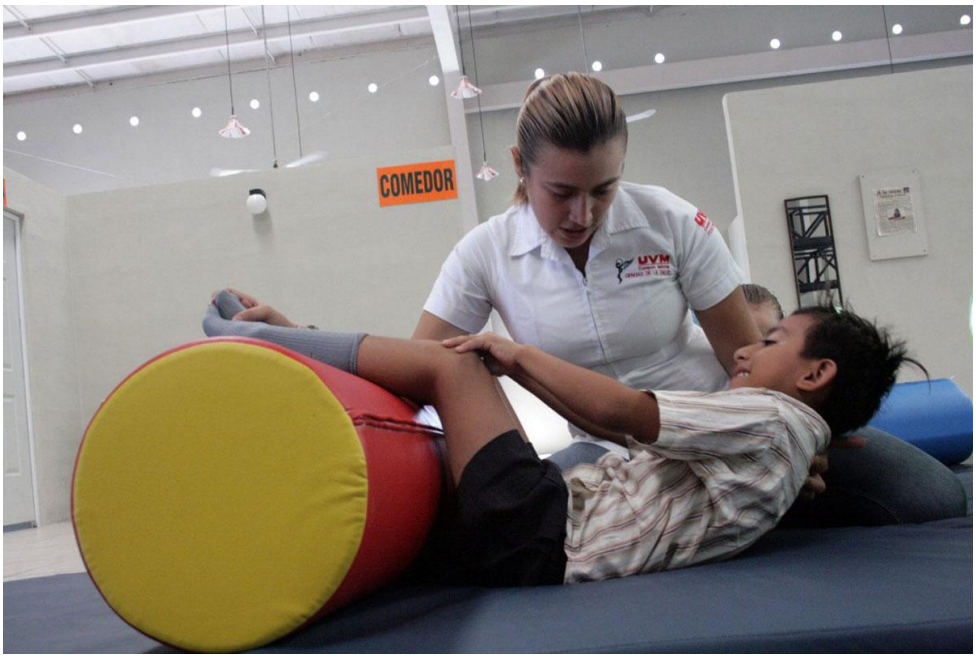


***Figura 4.1** Ejercicio de movilidad de tronco a un niño de 4 años. Fuente: [30]*

CAPÍTULO 5:

EL PACIENTE EN LA URH

Cuando un paciente ingresa en la unidad de rehabilitación del Hospital Clínico de Barcelona se sigue un procedimiento especifico de gestión.

En este capítulo, se tratarán aspectos de gestión interna de la URH (Unidad de Rehabilitación) tales como la inserción del paciente en el la unidad, su tratamiento hasta el momento del alta y las responsabilidades que este debe tener en cuanto al equipamiento pertinente en uso.

5.1. Proceso de alta y gestión interna. SAP

El programa que se utiliza para toda la administración y gestión en el sector de Rehabilitación en el hospital es el SAP. Es un sistema alemán, muy versátil que no solamente es apto para el entorno hospitalario sino que programándose, puede adaptarse a cualquier tipo de empresa. Será uno de mis cometidos analizar el recorrido que hace el paciente, desde su entrada en la base de datos hasta el alta médica, por lo que conocer la parte administrativa del hospital es también de interés.

Después de recibir la primera visita y ser atendido por uno de los Doctores residentes, se inserta la visita en el sistema dentro de la base de datos clínicos del SAP para tramitar el proceso de alta, que sigue el procedimiento siguiente:

Se abre el programa y se selecciona el SAP sanidad, pues el programa esta preparado y programado para otros servicios y a continuación el Dr./Dra. introduce su usuario y claves de acceso. En la pantalla que le sigue, se selecciona 'Consulta' y se dirige al 'Puesto de trabajo clínico', que es donde se encuentra todo el entorno en el que puede trabajar el médico.

El usuario tendrá que dirigirse ahora a la pestaña de 'Hospital consulta externa' y da más opciones. Cada servicio tiene un código para ver los pacientes que tienen. En la unidad de rehabilitación, CRH, se debe introducir junto a la matrícula de colegiada para entonces tener acceso al programa del día.

Entre todas las opciones, en las que normalmente se mueven los médicos son la 'Historia Clínica' y la 'Estación Clínica'. La primera, es para consultar los datos del paciente y la segunda, para introducir e insertar lo que la doctora crea conveniente tras la visita, para hacer el parte médico.

En el caso de que se quieran añadir servicios a la visita, se tendrá que dirigir a la pestaña de 'Soluciones adientes', desde donde los médicos pueden pedir servicios adicionales pertinentes para el paciente.

Es muy probable que el paciente requiera el uso de algún medicamento en concreto, por lo que el Dr./Dra. en curso puede recurrir a la extensión de una receta electrónica, para cuyo caso los pasos a seguir para realizar una receta electrónica a través del sistema SAP son:

1. Prescripción
2. Nombre el del producto
3. Cantidades (Ud./día)
4. Intervalo temporal
5. Prescripción electrónica
6. Firma profesional
7. Recetas (aparecerá entonces automáticamente)
8. Impresora
9. Comprobación
10. Instrucción al paciente

Para finalizar este apartado, se introducirá el sistema de gestión de solicitudes del centro.

En primer lugar se tiene que entrar al sistema SAP y seleccionar Pool de Solicitudes. Después se escogerá la opción: 'Rehabilitación' y se tendrá que clicar

en ‘Solicitud Cita’. Aquí, entre otros datos personales, es donde están todos los planes de visitas y sesiones programadas. Llegados a este punto, se siguen una serie de directrices:

- Llega la solicitud validada del Dr./Dra. a la secretaria que al entrar visualiza el tratamiento que se le ha seleccionado al paciente.
- Para validar la solicitud se debe introducir el código de prestación correspondiente.
- Son solo los miembros del cuerpo clínico los que validan las consultas.
- Se analiza la zona sanitaria. Se acepta o rechaza la consulta y se redacta el motivo en caso de rechazo.
- Cuando se valida, se valora la preferencia de la visita para que la secretaria lo introduzca.

La figura 5.1 muestra un esquema representativo de la gestión de altas en la URH:

***Figura 5.1** Esquema de la gestión de altas en la URH*

5.2. Proceso de rehabilitación

La medicina física y rehabilitación trabaja conjuntamente con otras especialidades como son: ortopedia y traumatología, neurocirugía, neurología, reumatología, otorrinolaringología, pediatría, etc. Es mediante estos especialistas que los pacientes pueden acceder a su servicio de rehabilitación correspondiente ya que se deberá realzar una primera valoración de si le será beneficioso el tratamiento rehabilitador o no.

Una vez que el paciente es derivado a su servicio de rehabilitación es valorado por el médico especialista en medicina física y rehabilitación, mediante una minuciosa anamnesis y exploración física se determina la existencia o no de objetivos terapéuticos en rehabilitación, una vez determinados dichos objetivos se realiza un plan para llegar a estos tomando en cuenta tiempos de evolución y número de sesiones a realizar.

Acto seguido se programan las sesiones de rehabilitación siguiendo un protocolo específico para cada patología y que son coordinado por un fisioterapeuta.

Durante dicho proceso se realizaran visitas sucesivas con el médico rehabilitador para valorar la evolución y el cumplimiento de los tiempos de recuperación. Una vez se vean cumplidos los objetivos terapéuticos se procede al alta del servicio de rehabilitación.

***Figura 5.2** Consulta de un paciente a su médico. Fuente: [31]*

CAPÍTULO 6: REDISTRIBUCIÓN DE ESPACIOS

La unidad de rehabilitación del Hospital Clínico de Barcelona ha permanecido sin apenas cambios desde el comienzo operacional del Hospital respecto al resto del complejo hospitalario.

En este capítulo se tratan aspectos metodológicos a nivel de tratamiento dentro de las salas de rehabilitación de la URH y tras un análisis y valoración del modelo seguido actualmente, se darán a conocer los motivos y razones por los que se propone un nuevo método de rehabilitación, que se dará a conocer, como modelo radial.

6.1. Modelo actual

Actualmente cuando un paciente ingresa en el hospital, más concretamente en la unidad de rehabilitación con el fin de realizar un tratamiento de terapia, sigue las directrices y gestiones internas descritas en el capitulo anterior. Una vez el sujeto se ha introducido en el sistema y base de datos de la unidad, significa que ya ha pasado por el análisis y valoración previa de uno de los doctores o médicos internos residentes, por lo que ya esta preparado para empezar su tratamiento en la sala de rehabilitación a mano de los fisioterapeutas.

En este punto, se hablará de lo que actualmente sucede en el momento en el que dicho paciente entra en la sala de rehabilitación.

Cada sujeto, ya sea por afecciones de tronco inferior o superior tiene un perfil distinto (capítulo 4) y que cada procedimiento a seguir con este será diferente en función de ello. Sin embargo, si se refleja el trayecto que dibuja un paciente, al que se denominará como: paciente A, en una sesión típica de 9 estaciones por la planta baja se puede observar el siguiente recorrido (figura 6.1):

Donde la línea continua trazada en color verde simboliza el recorrido en rehabilitación hasta que llega a la última de las estaciones y la línea continua en

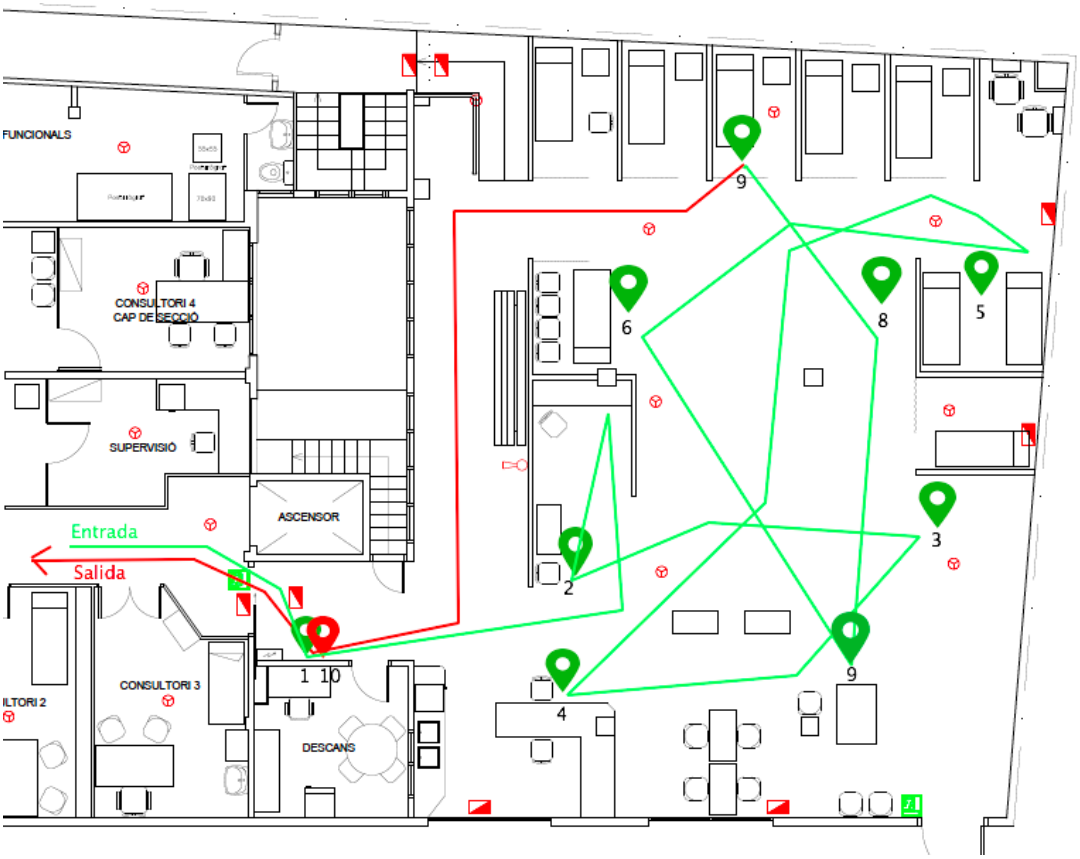


***Figura 6.1** Recorrido del paciente A en una sesión de terapia de 9 estaciones en la planta baja de la URH*

color rojo simboliza el fin y abandono de las instalaciones tras finalizar dicha sesión, siempre pasando antes por la mesa de los fisioterapeutas.

Analícese ahora el recorrido de un paciente B, esta vez con 7 estaciones (figura 6.2):

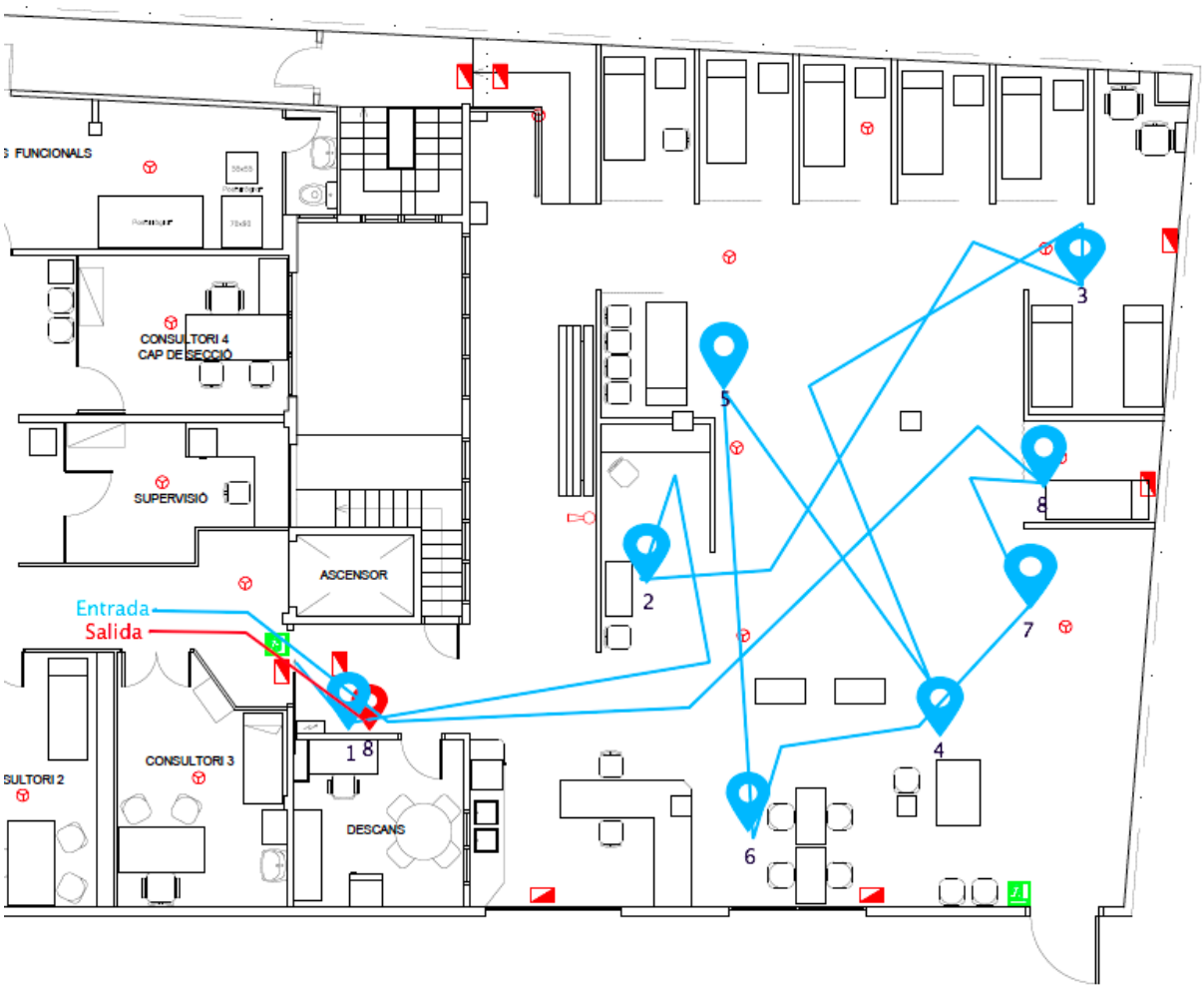


***Figura 6.2** Recorrido del paciente B en una sesión de terapia de 8 estaciones en la planta baja de la URH*

Finalmente se analiza el recorrido que realiza un paciente C, esta vez de nuevo durante una sesión con 9 estaciones (figura 6.3):

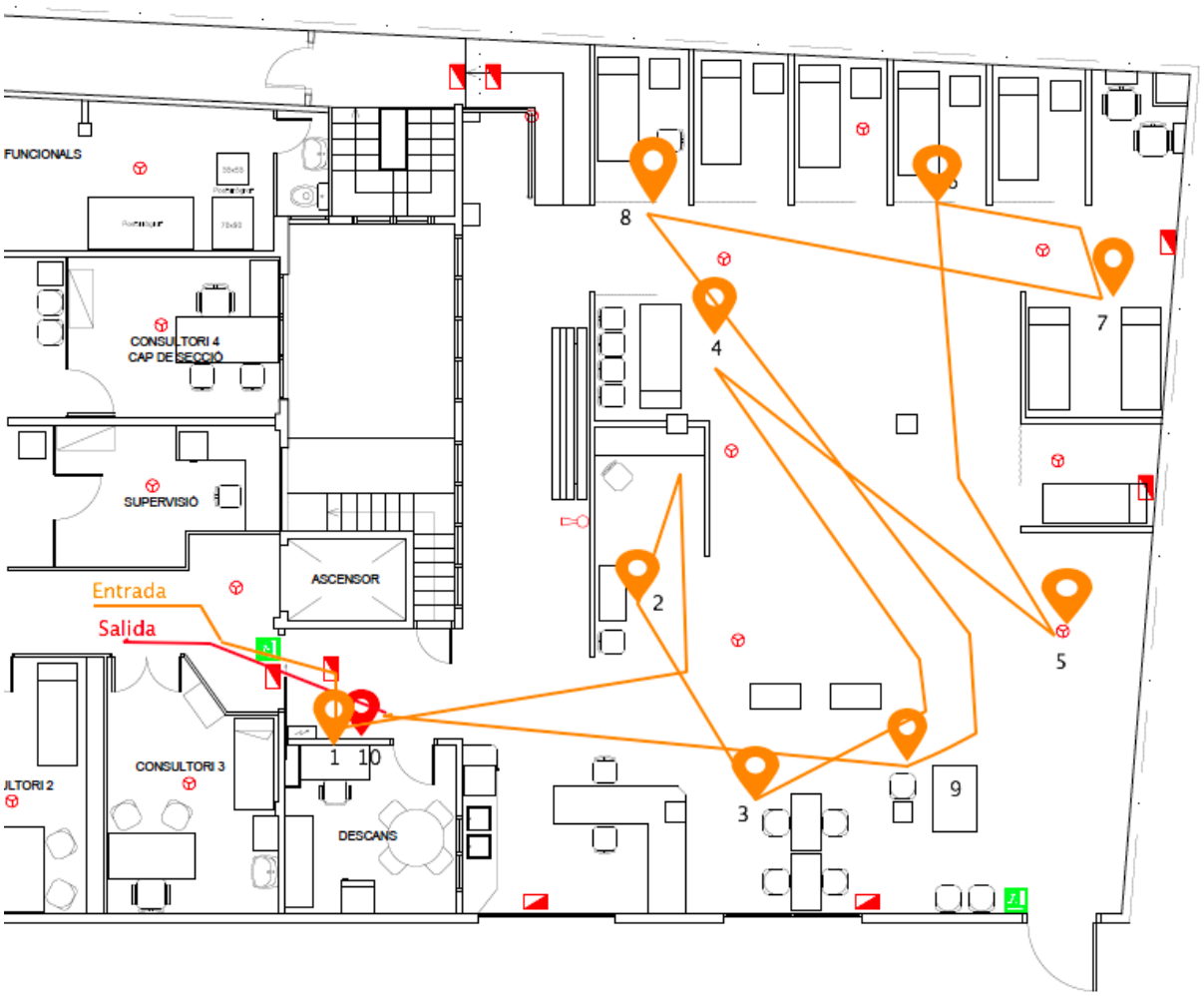


***Figura 6.3** Recorrido del paciente C en una sesión de terapia de 9 estaciones en la planta baja de la URH*

Visto el recorrido de los tres pacientes; A, B y C, se puede realizar la figura 6.2.4, en la que se reúnan todas estas trayectorias con el fin de coger una imagen global donde tal y como se puede apreciar, los pacientes siguen un orden de instrucción muy cambiante, con un alto riesgo de coincidir en un equipo con plazas limitadas, de verse sometidos a periodos de espera o de verse poco asistidos en la ejecución de un ejercicio por parte de los 3 fisioterapeutas que acostumbran a haber en el centro entre otras cosas, por lo que puede aumentar su estrés y atención postural, debilitando el poder rehabilitador de la terapia que se les ha indicado.

Además se debe tener en cuenta que, en una sesión y franja horaria determinada, pueden haber hasta entre 8 y 12 pacientes, cada uno con un nivel de independencia y con un número de sesiones por terminar la rehabilitación distinto. Esta mezcla heterogénea también favorece a los posibles desequilibrios

mencionados anteriormente, provocando de nuevo ineficiencias en la guía de los pacientes.

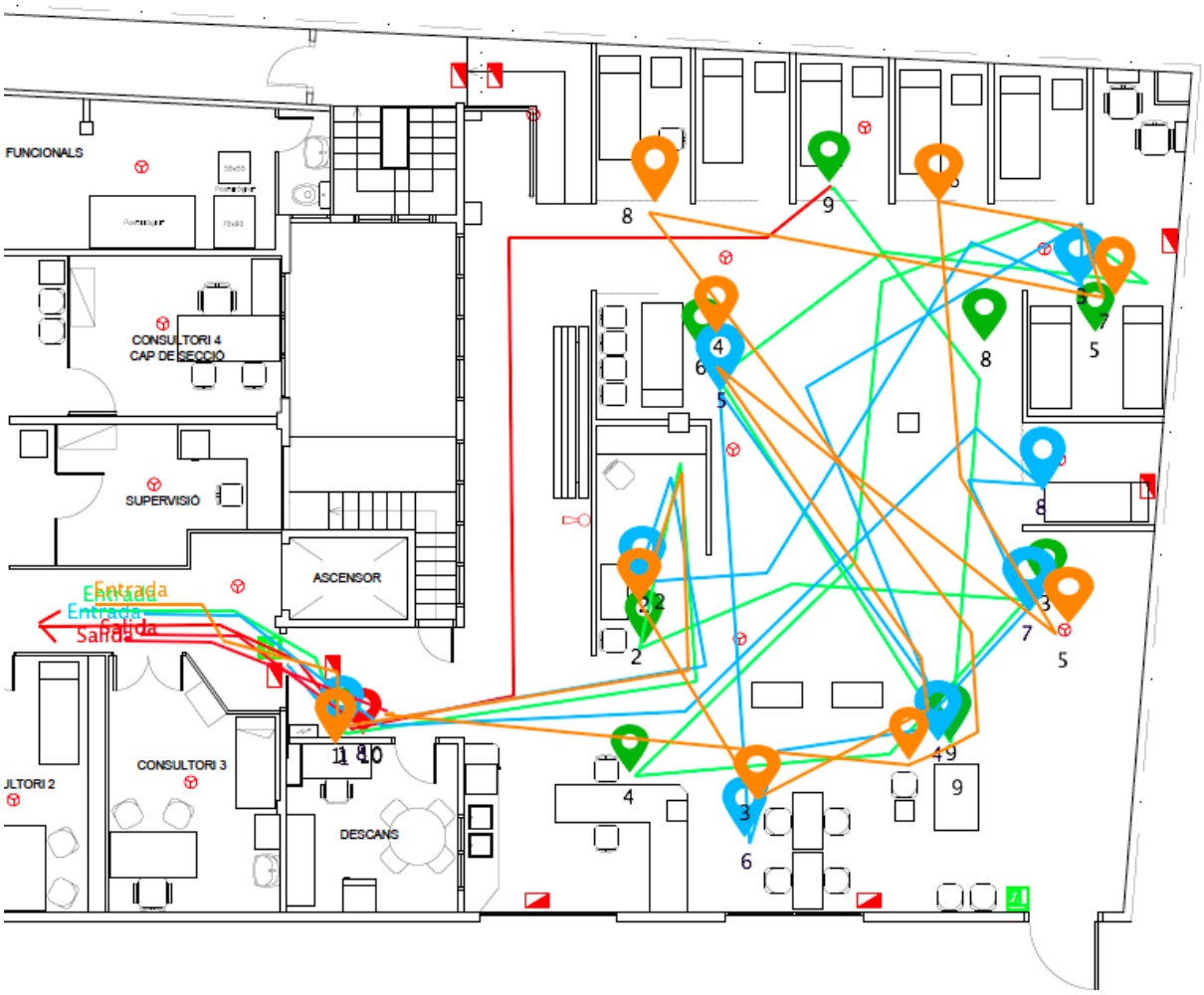


Figura 6.4 ***Recorrido conjunto de los pacientes A, B y C en una sesión de terapia dentro de la misma franja horaria en la planta baja de la URH***

Pese al nivel de desorden que se aprecia en la figura anterior, es no obstante cierto que todos los pacientes pasan por una primera estación, la nº2, lugar donde se encuentra ubicado el baño de parafina, que como ya se comentó anteriormente en el apartado 3.2. Equipos Biomédicos, se utiliza entre otras cosas como preparación de las extremidades para el sometimiento a terapia, cosa que no sucede con los pacientes de la planta subterránea, dedicada a la rehabilitación del tren inferior.

En las figuras 6.5, 6.6 y 6.7, se detallan de nuevo las trayectorias de tres nuevos sujetos; los pacientes D, E y F, haciendo un análisis análogo al de los pacientes con afecciones de tren inferior ilustrados en las figuras 6.1, 6.2 y 6.3:

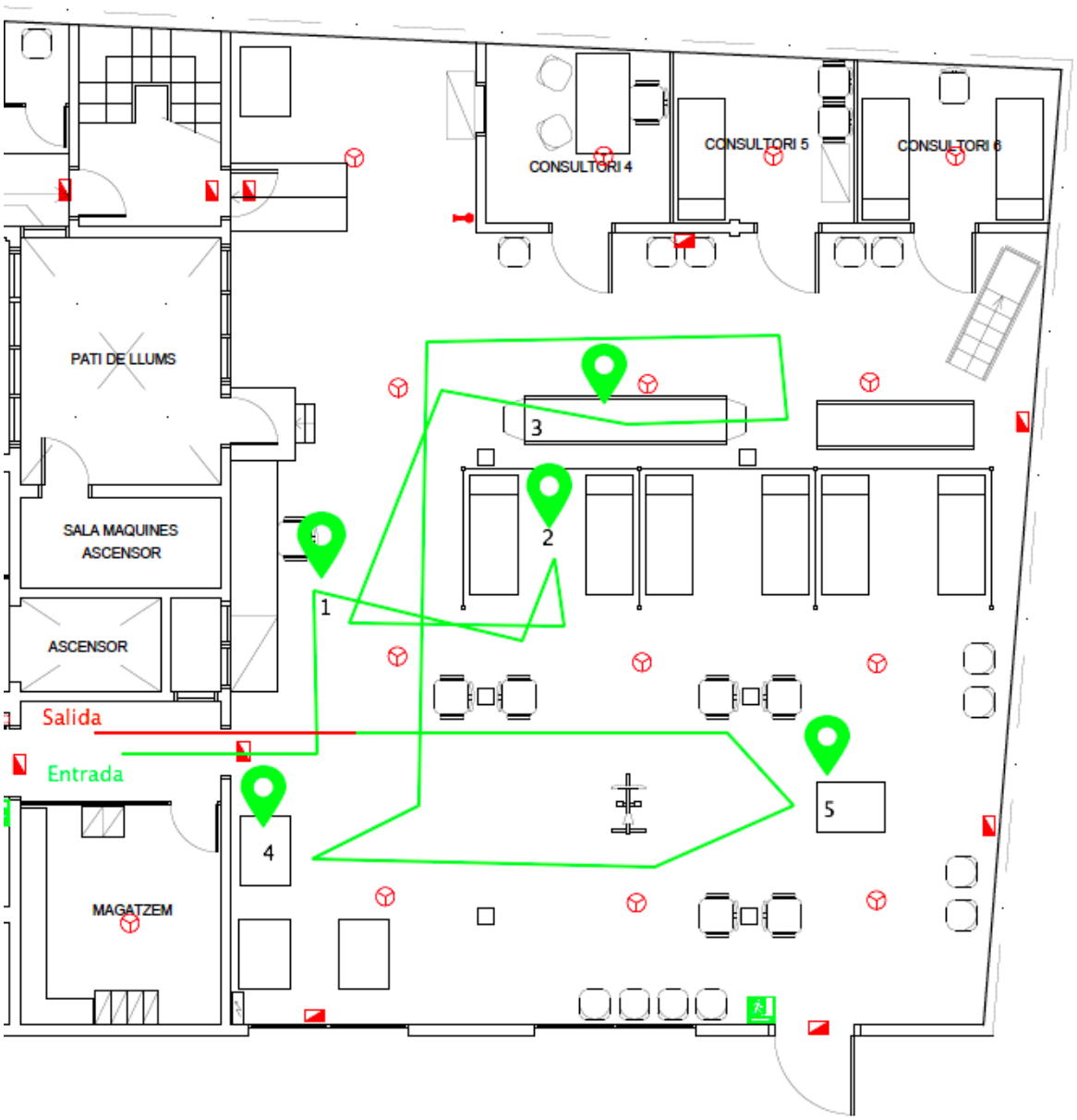


***Figura 6.5** Recorrido conjunto del paciente D en una sesión de terapia de 5 estaciones en la planta sótano de la URH*

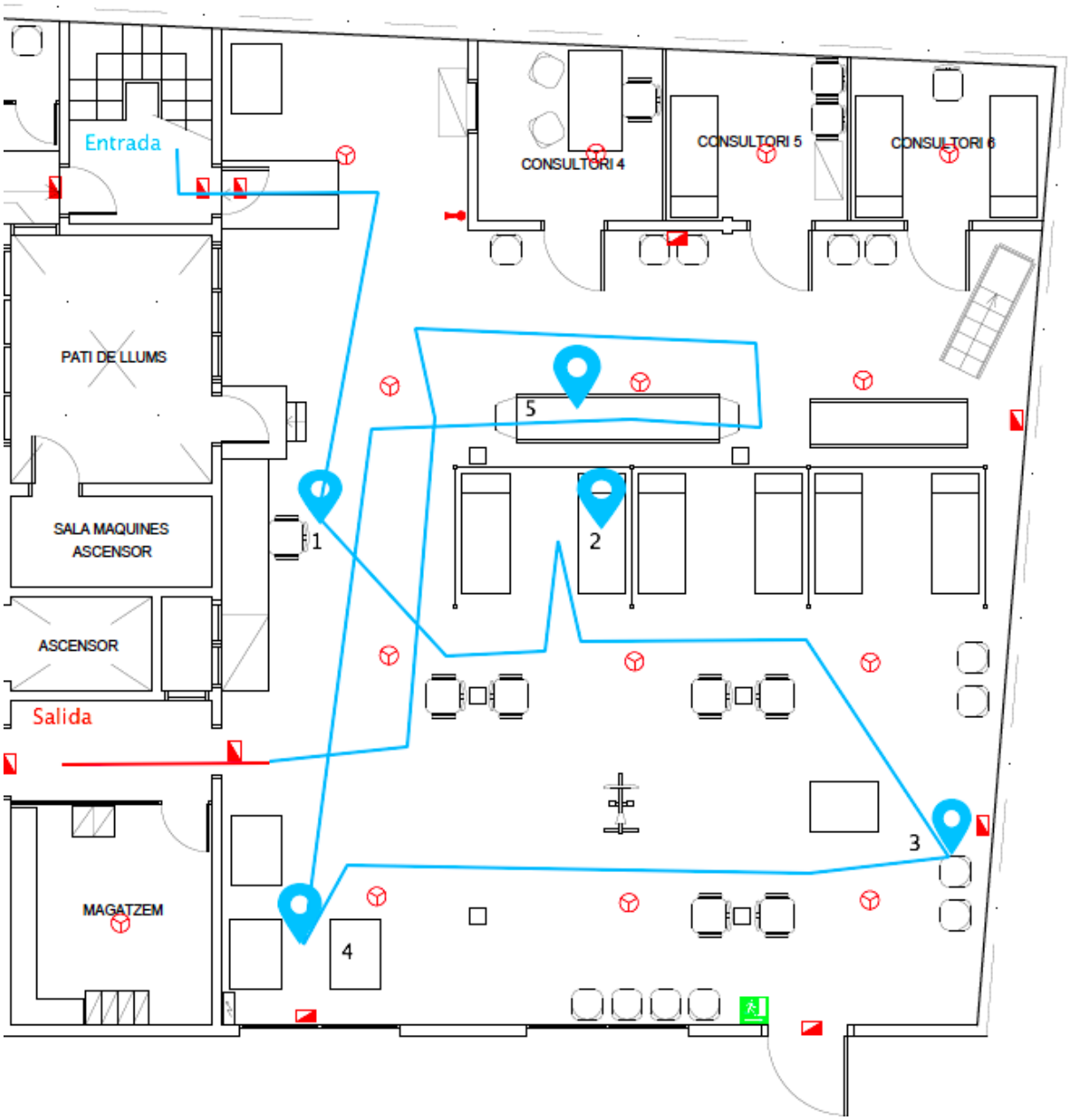


***Figura 6.5** Recorrido conjunto del paciente E en una sesión de terapia de 5 estaciones en la planta sótano de la URH*

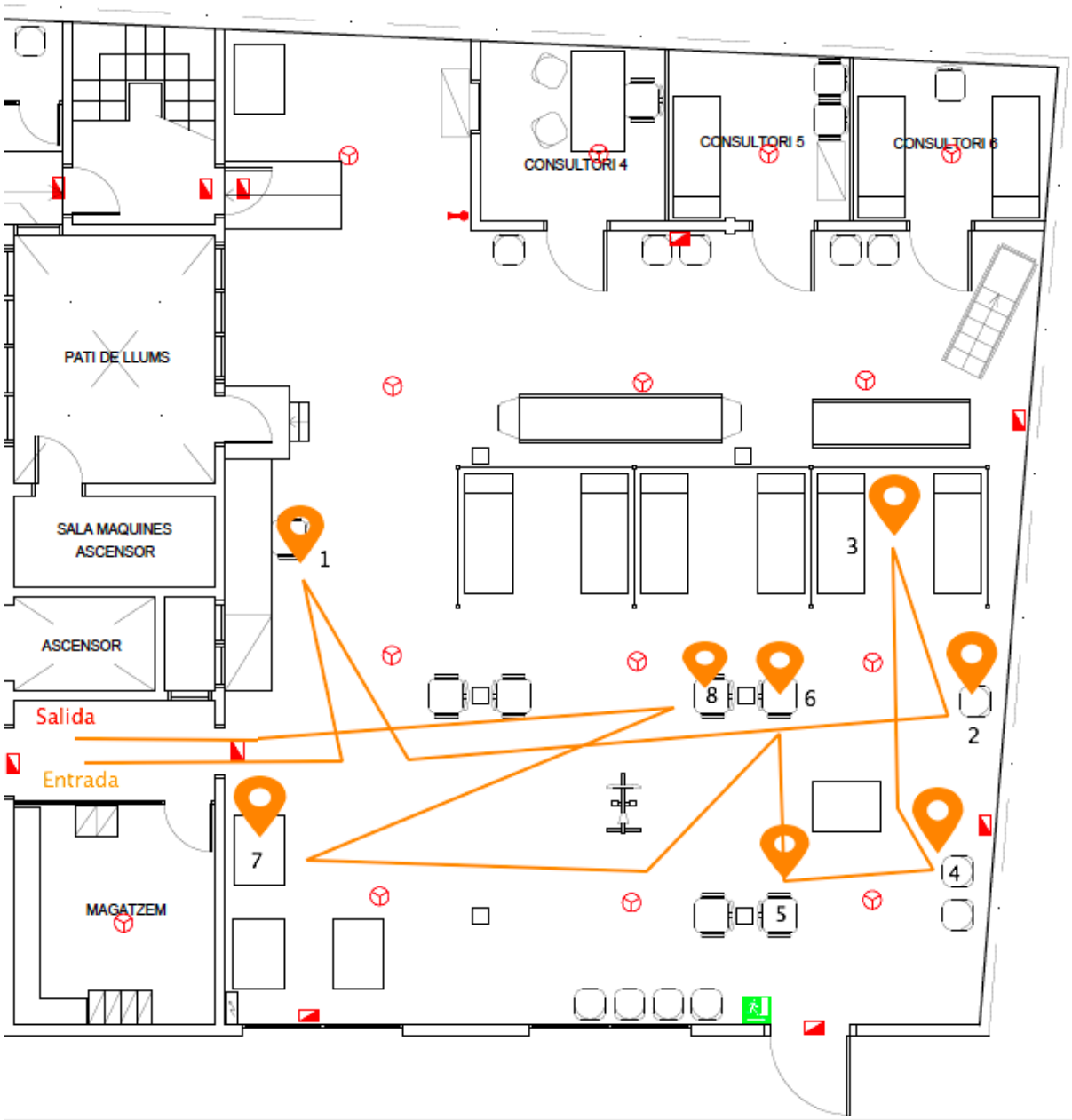


***Figura 6.6** Recorrido conjunto del paciente F en una sesión de terapia de 5 estaciones en la planta sótano de la URH*

Vuélvase ahora a hacer la composición conjunta de la trayectoria de estos pacientes por la sala y se verá en la figura 6.8 como de nuevo sus recorridos convergen de la misma manera que en los pacientes A, B y C en la sala superior (figura 6.8):

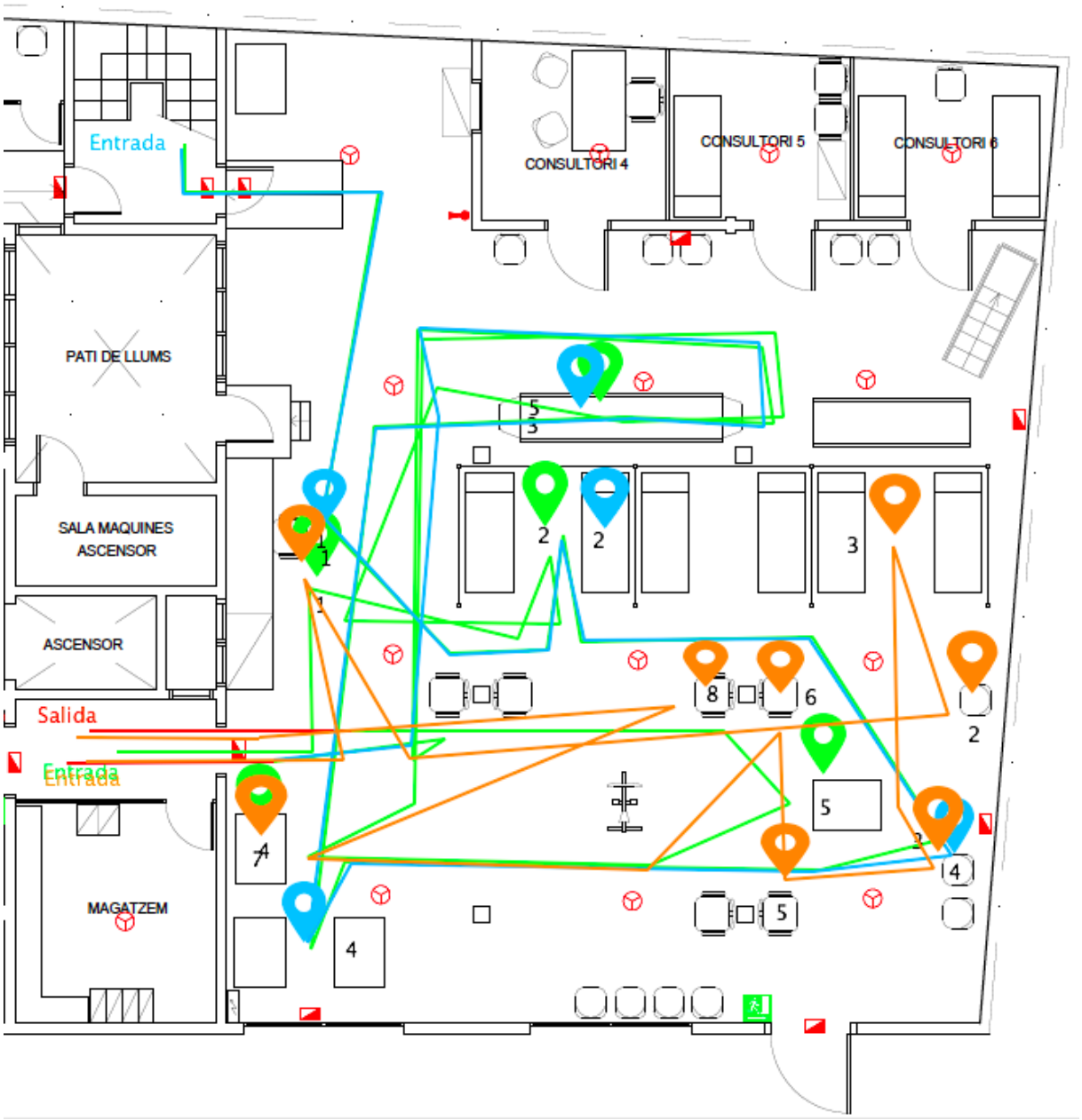


***Figura 6.7** Recorrido conjunto de los pacientes D, E y F en una sesión de terapia dentro de la misma franja horaria en la planta sótano de la URH*

En la figura 6.2.4., se ve que con un número de tan solo 3 pacientes y entre 5 y 8 estaciones por sesión, la fluidez dentro de la misma franja horaria puede complicarse, y más teniéndose en cuenta de que coincidirán al menos entre 8 y 12 pacientes en la misma sesión de terapia.

6.2. Necesidad de cambio

Durante el periodo de prácticas realizado previo a la elaboración de este Trabajo de Final de Grado, se analizaron como ya se ha visto en el punto anterior los pasos que algunos pacientes en concreto seguían en ambas salas, y se llego a la conclusión, como se aprecia en las figuras 6.2.4 y 6.2.8., de que no siguen ningún patrón ordenado sino todo lo contrario. Se sigue un recorrido aleatorio y arbitrario que puede cambiar in situ espontáneamente en función de la demanda de los equipos y los pacientes que estén en la sala, por lo que dificulta el acceso a los equipos y al flujo de los sujetos que se encuentran en ella.

Pese a que los fisioterapeutas tienen libertad para asistir a los pacientes y son activos, moviéndose por la sala, sus mesas están en una posición desventajosa a la hora de controlar y monitorizar los movimientos de los pacientes con menos destreza con el uso de la maquinaria y equipamiento del centro. De hecho, en la sala subterránea, esta mesa esta orientada de caras a la pared, dificultando e incluso impidiendo el control de los pacientes cuando el rehabilitador esta ocupado realizando gestiones.

También cabe destacar el hecho de que a la planta baja hay dos tipos de accesos, ya sea por una estrecha escalera en espiral cuadrada a la que se accede desde el interior de la planta baja, como por un ascensor situado justo antes de la entrada principal a esta misma planta. Suponiendo el caso en el que haya un fallo eléctrico o una avería del ascensor, los pacientes afectados del tren inferior, deberían desplazarse por sus propios y en esos momentos entorpecidos medios a la sala subterránea por las escaleras, algo, que para algunos sujetos según su grado de afectación podría resultar dificultosa y contraproducente para su correcta y sana rehabilitación. Cabe pensar de este modo en la posibilidad de un cambio de dinámica, en el que los pacientes que actualmente dedican su tratamiento a la rehabilitación de tren superior, cambien la sala con los pacientes que lo dedican al tren inferior.

La disposición de los equipos es de gran importancia ya que por ejemplo, tratamientos como la aplicación de ondas microondas que no es recomendable para mujeres embarazadas, y debido a la falta de estructuras habilitadas para su uso, dichos aparatos tienen que usarse en el espacio libre, permitiendo que dichas ondas reboten por las paredes (figura 6.9) causando un efecto negativo en posibles pacientes que esperan dar a luz, y ese es un riesgo que podría evitarse realizando una correcta redistribución de las salas.

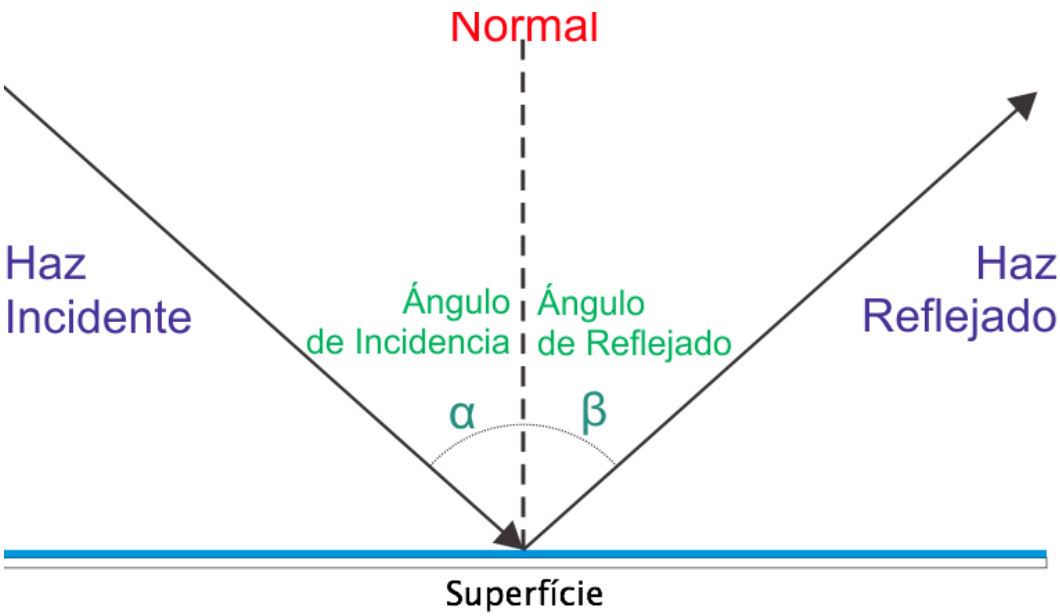


Figura 6.9 Segunda ley de la reflexión: Las ondas se reflejan con un ángulo β igual al angulo de incidencia α al entrar en contacto con una superficie plana. Fuente propia.

Es por todos estos motivos que organizándose de un modo más eficiente, sea tanto el recorrido del sujeto como la distribución de los equipos y material dentro del espacio de ambas salas, se puede optimizar y enfocar el tratamiento del paciente, de manera que resulte más llevadera, desafiante y motivadora.

6.3. Propuesta de cambio: El Modelo Radial

En este apartado se introducirá una novedosa forma de enfocar y orientar el tratamiento de rehabilitación del paciente dentro del espacio de la salas de rehabilitación de la URH del Hospital Clínic de Barcelona.

Se trata de un apartado de especial importancia ya que junto a la caracterización de los equipos biomédicos introducidos en el capítulo 3, (más concretamente en el apartado 3.2. Equipos Biomédicos), este apartado forma parte del objeto y propósito de este Trabajo de Final de Grado, donde se pretende optimizar el espacio y equipamiento de la unidad por tal de producir una mejora significante y relevante que afecte directa y positivamente a tanto el servicio que dan los médicos, doctores y fisioterapeutas como el que reciben los pacientes.

En la historia del hombre, se han modelado y teorizado en incontables ocasiones, sistemas y diseños de todos los índoles basados en la naturaleza (figura 6.10). Muchos artistas, ingenieros, físicos, matemáticos o arquitectos se han inspirado en sus alrededores para llevar a cabo la finalización de sus obras. [32].

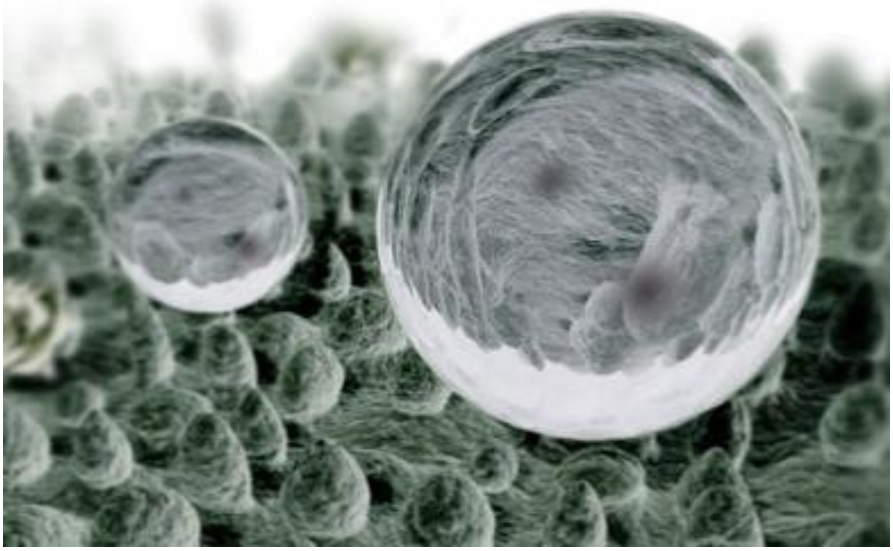


***Figura 6.10** Pintura que repele el agua y la suciedad como la flor de loto. Fuente: [33]*

Es por ello, que bajo esta misma concepción e inspiración que nos ofrece la naturaleza, se ha decidido la propuesta de un modelo de rehabilitación funcional con actuación **radial** estratificado por niveles y estadios de afectación del sujeto.

6.3.1. Bases y principios del Modelo Radial

Este modelo ha sido realizado basándose en las necesidades de cambio descritas en el punto anterior, teniendo en cuenta el modelo actual definido en el apartado 6.1. y estipula que:

- El equipo rehabilitador tendrá su base en el centro del lugar de actuación y se conocerá como 'Centro de control'.

- Estará organizado por niveles según el grado de lesión de los pacientes de forma descendente. A mayor lesión, más cerca del centro.

- Los niveles tendrán una asignación y distintivo especial que los categorice y de exclusividad.

- Los niveles estarán ordenados del 1 al 3. Significando el nº1 el nivel de afectación más grave, y el 3 el menos grave.

- Los niveles indican así mismo el grado de independencia de los pacientes por la sala. Aquellos con menor grado de libertad pertenecerán al nivel más cercano al centro y los que mayor grado de libertad tengan pertenecerán al nivel más alejado de este.

- Solo se podrá subir o escalar de nivel disminuyéndose el grado de lesión, es decir, progresando positivamente en el tratamiento.

- Estará formado por un grupo social y heterogéneo de pacientes con distintos niveles o grados de lesión que coincidan en la misma franja horaria.

A modo de esquema gráfico, el modelo radial se representaría de la siguiente manera:

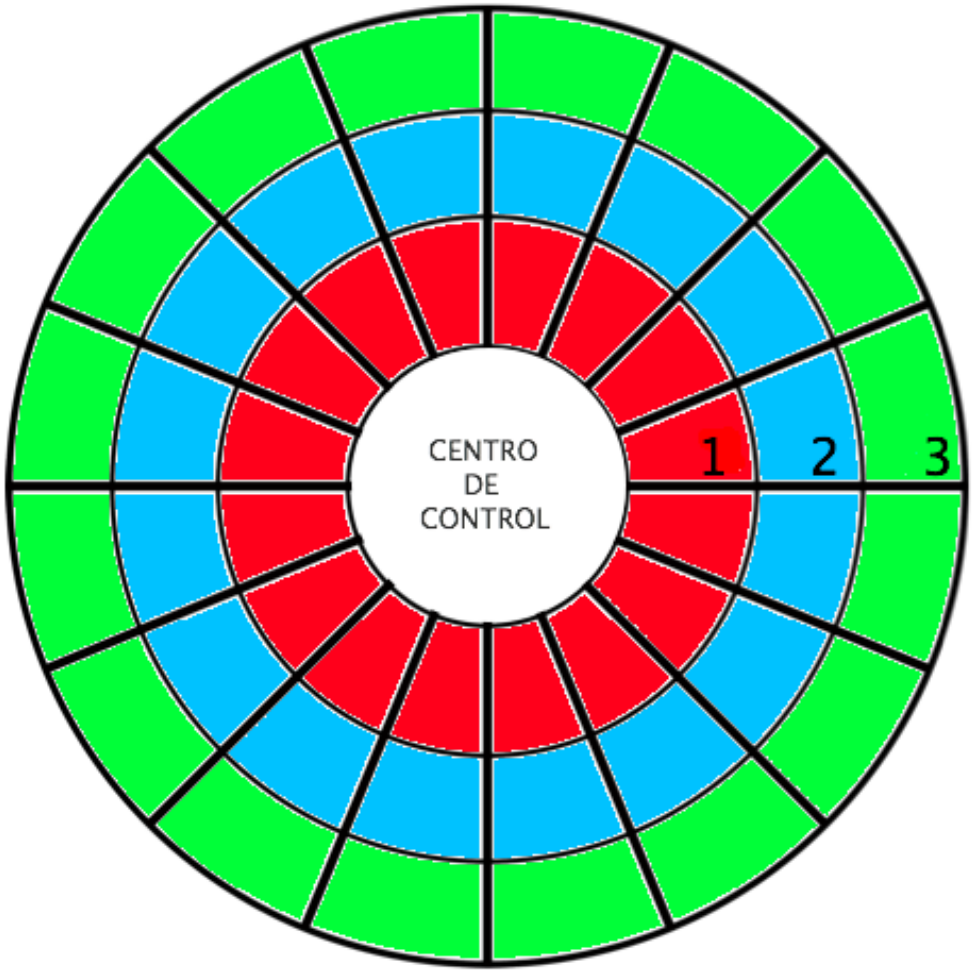


***Figura 6.11** Representación gráfica del Modelo Radial de rehabilitación funcional*

En el esquema gráfico (figura 6.11), se pueden observar una serie de elementos y colores.

Como viene especificado en las bases y principios anteriores, el centro de control se encuentra en el centro. Este es el lugar donde se encontrarían los fisioterapeutas, teniendo un control absoluto con visión 360° de lo que ocurre en la sala, lo que les permite controlar, monitorizar y atender a los pacientes que lo necesiten con mayor eficiencia que situándose bien sea en una esquina (como en la planta baja) o de caras a una pared (como en la planta subterránea).

Dado que siempre hay más de un rehabilitador en sala, el centro de control nunca estaría desatendido, para no perder noción de lo que sucede a su alrededor.

Más allá del centro de control, en salir de este, se encuentran 3 capas ordenadas por los números 1, 2, 3 y coloreadas en rojo, azul y verde respectivamente.

Estas capas constituyen los niveles o estratos en los que se organiza el modelo radial. El número, color y cercanía respecto al centro de control indican:

- El grado de lesión del paciente
- El grado de atención requerido por parte del rehabilitador
- El grado de independencia del sujeto en rehabilitación

De este modo, el espacio queda dividido por 3 grupos de pacientes:

1. Pacientes graves / iniciados / con un progreso muy lento.
2. Pacientes con un progreso moderado.
3. Pacientes con la rehabilitación casi terminada.

Clasificar a los pacientes por estas categorías puede resultar beneficioso para la rehabilitación del paciente, ya que al encontrarse estos bajo un ambiente social, en el que se crearán interacciones en mayor o menos medida entre los sujetos y entre sujetos y fisioterapeutas, lo que les inducirá a crear una inconsciente competitividad interna, queriendo ir más deprisa en escalar de nivel que los demás, y por consecuente, salir antes del proceso y de sus respectivas lesiones.

Esto hará que los pacientes aumenten su motivación al entrar en la sala y se coloquen en su nivel actual. Esta demostrado que siguiendo los consejos de los profesionales sanitarios, trabajando con motivación, manteniendo una actitud positiva y siendo partícipes activos en la recuperación, los sujetos en

rehabilitación tienen muchas más probabilidades de recuperarse mejor y más rápido de cualquier lesión, que en otro estado de ánimo más negativo.

Debe tenerse en cuenta que el equipamiento biomédico de la sala puede ser necesitado por todos los grupos, es por ello que en las zonas que a una zona equidistante entre el centro y el perímetro, es decir, a la altura del radio, se tendrá acceso común a los equipos usados más frecuentemente como son:

- Equipos de magnetoterapia
- Equipos de electroestimulación (T.E.N.S.)
- Equipos de emisión de calor por infrarrojos
- Equipos de microondas

6.4. Redistribución de espacios

En este apartado se verá el modelo radial aplicado a las salas de rehabilitación de la URH. Dadas las dimensiones rectangulares de dichas salas, los niveles seguirán una estructura ajustada a este tipo de geometría.

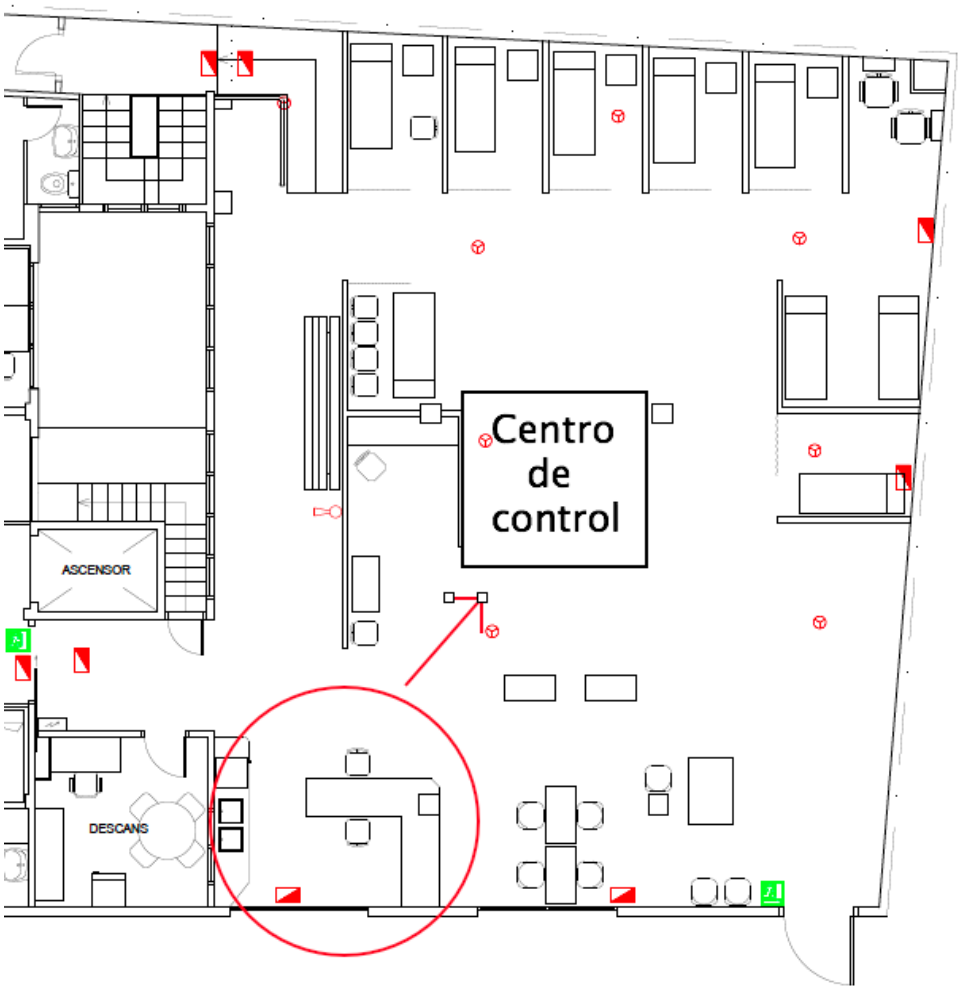


Figura 6.12 **Desplazamiento del centro de control de la planta baja de la URH según el modelo radial**

Una vez ya desplazado el centro de control de la sala y escondidos los demás elementos que constituyen el mobiliario, el resto puede empezar a estructurarse entorno a ella siguiendo el modelo introducido, como se puede ver en la figura 6.13:

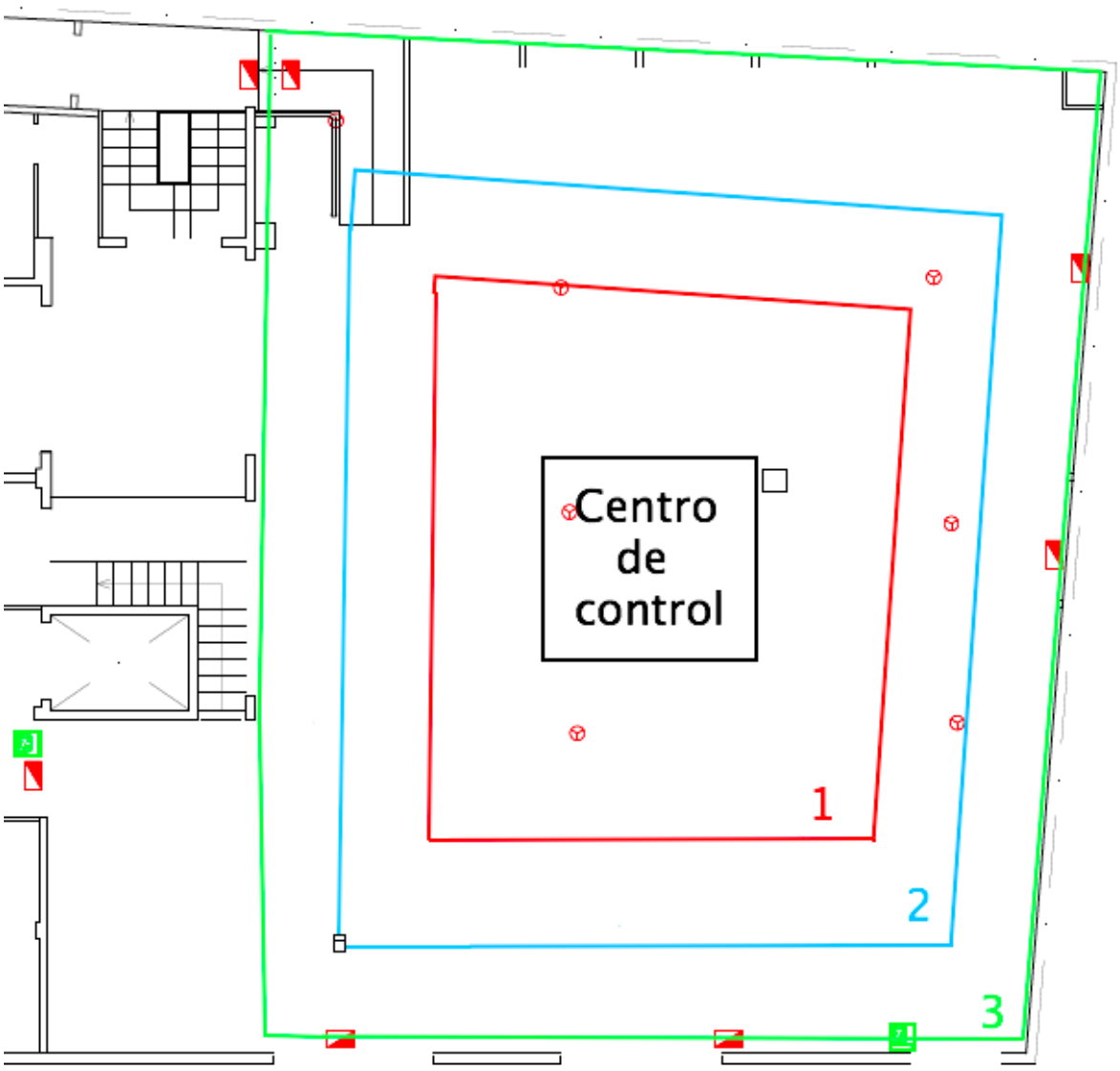


Figura 6.13 Organización por niveles de la planta baja de la URH según el modelo radial

Como se puede comprobar en la figura anterior, a medida que se sube o avanza de nivel, el paciente se situaría en una posición más cercana a la salida de la sala de rehabilitación, una alusión a su progreso y mejoría que sirve como último incentivo visual para terminar su tratamiento. Por otro lado, el nivel 1, es aquel como se aprecia más cercano al centro de control, donde se exige un nivel de atención mayor por parte de los fisioterapeutas y posición desde la cual, son capaces de priorizar la monitorización de los sujetos más desaventajados,

ofreciendo mayor libertad a los dos niveles más avanzados, que no obstante, tampoco quedarían sin vigilancia en ningún momento.

Aplíquese el modelo radial del mismo modo a la planta subterránea (Figura 6.14):

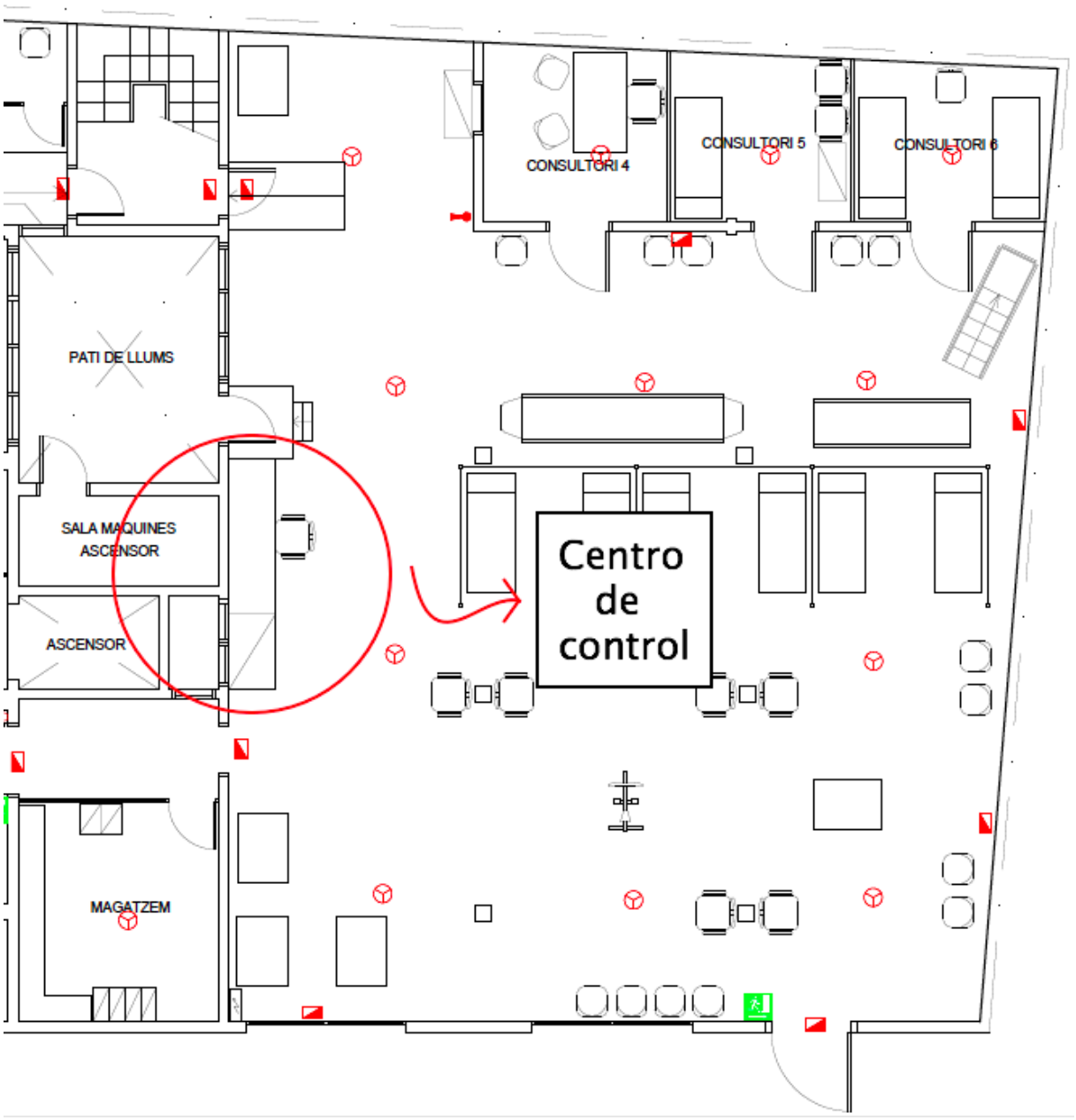


***Figura 6.14** Desplazamiento del centro de control de la planta sótano de la URH según el modelo radial*

Como se puede ver en la figura anterior, el centro de control, antes en forma de mesa alargada orientada hacia la pared, se desplazaría al centro siguiendo la geometría rectangular de la sala.

A continuación, se aplicarán los principios nivelares a la planta subterránea. Se ha de tener en cuenta que los consultorios 4, 5 y 6 representados y visibles en la figura 6.15 no forman parte del espacio de rehabilitación común, sino que es específico para las pacientes de cáncer de mama y por ello no se han tenido en cuenta al hacer la redistribución del espacio según el modelo radial.

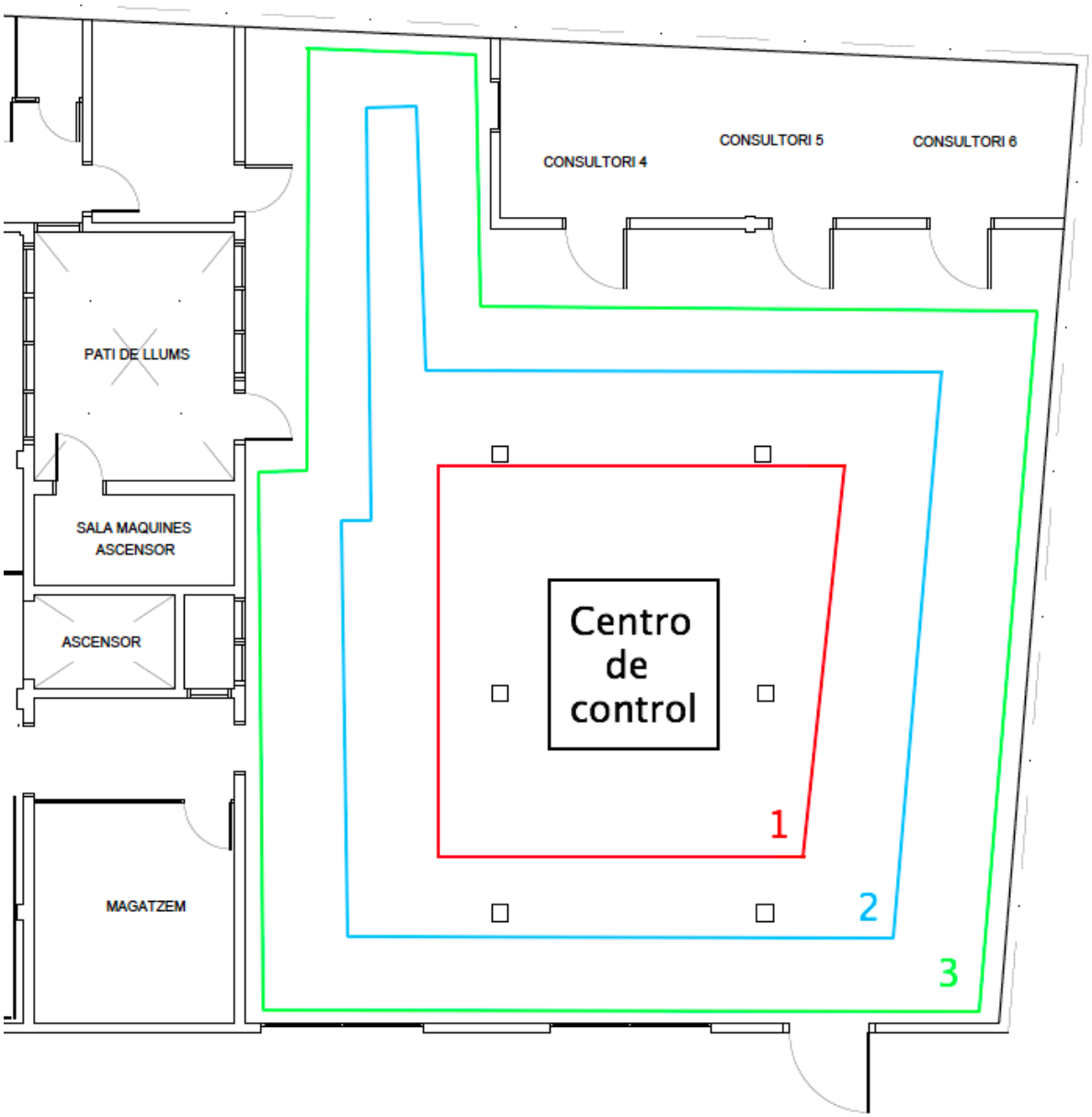
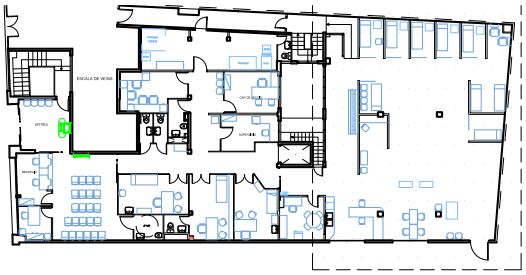


***Figura 6.15** Organización por niveles de la planta sótano de la URH según el modelo radial.*

Llegado este punto, en el que ambas salas de rehabilitación (planta baja y planta subterránea) han sido distribuidas según el modelo, se requeriría ayuda de los profesionales sanitarios para la inserción y redistribución en dichas salas del equipamiento biomédico citado en el apartado 4. Dadas las características del modelo introducido, es muy probable que no solo requiriese un desplazamiento

de estos equipos, sino también la adquisición y renovación de ellos, por lo que se realizaron varias encuestas y entrevistas a los profesionales de la unidad de rehabilitación, con el fin de realizar un elenco de las máquinas, aparatos, utensilios y equipos biomédicos que mantener, renovar o adquirir.

Trabajando sobre los planos, se ha propuesto una reorganización espacial que satisface las bases y principios del modelo radial en ambas plantas.



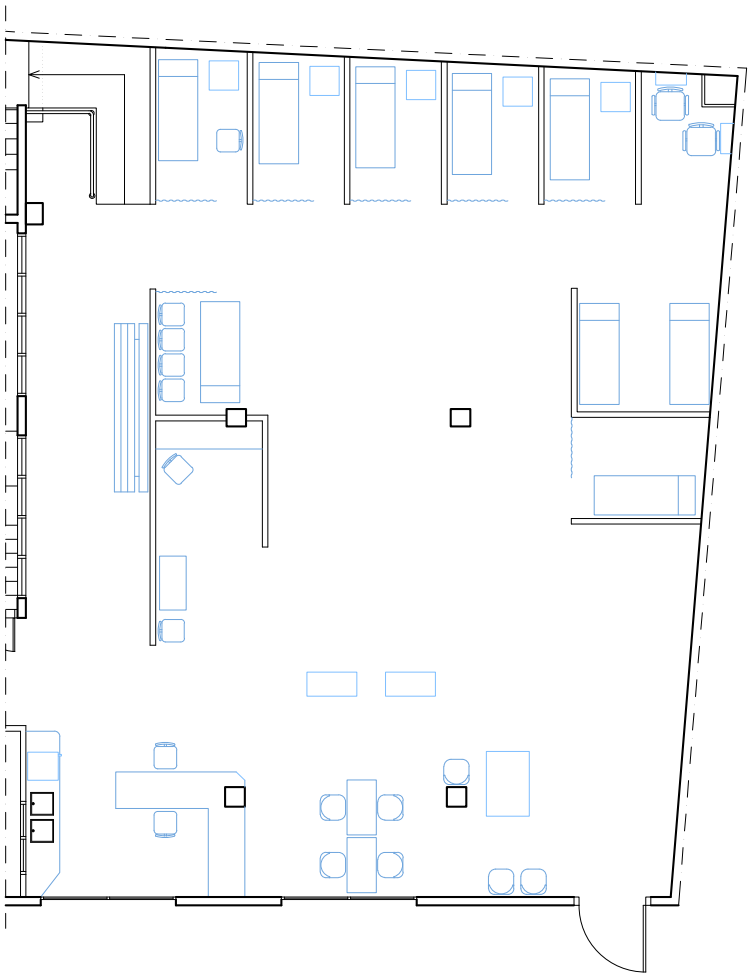
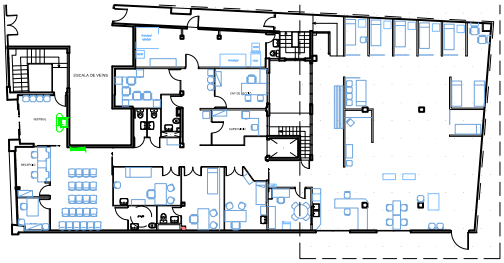
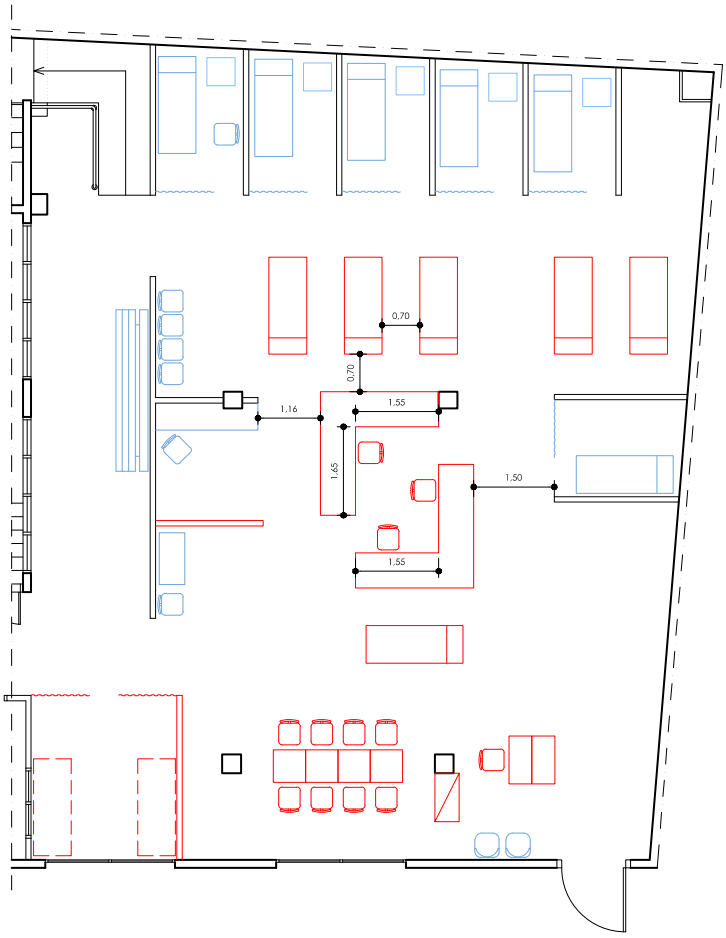


***Figura 6.16** Estado actual de la planta baja de la URH*

En las figuras 6.16 y 6.17 se contrasta el estado actual con la propuesta de reforma de la planta baja del servicio de rehabilitación del Hospital Clínic.

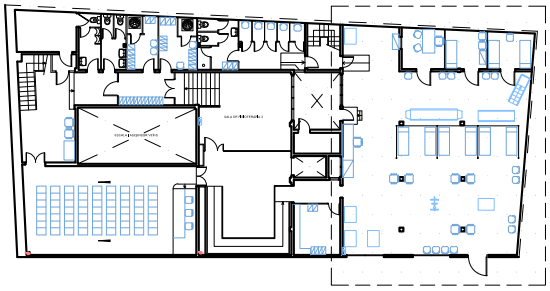


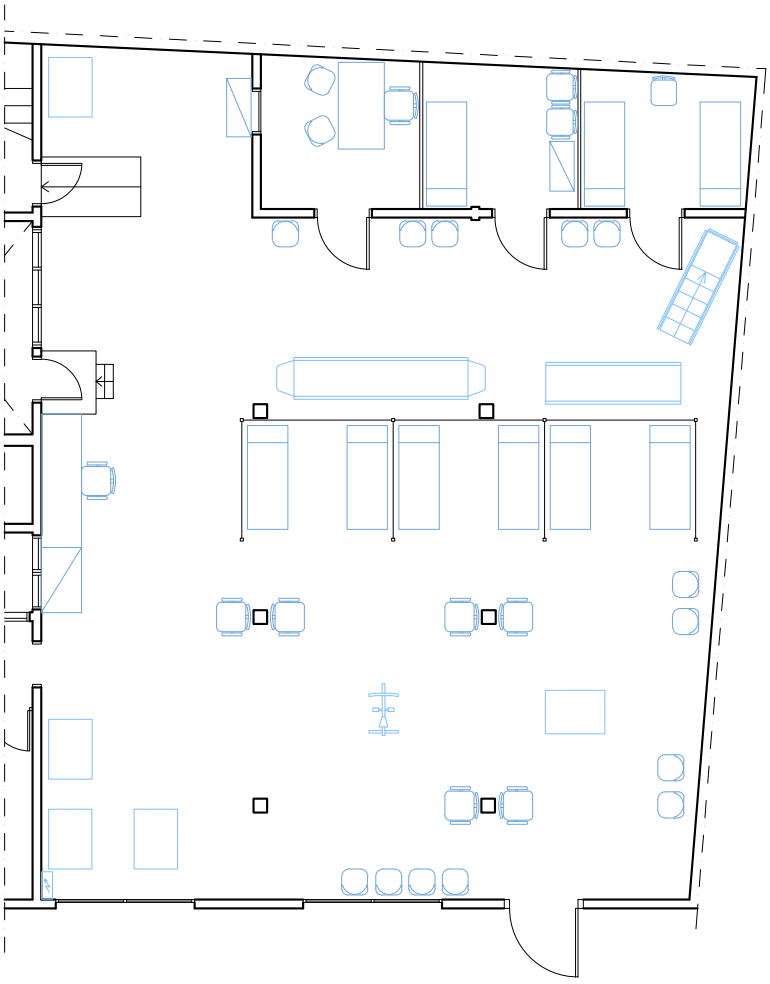


HOSPITAL CLÍNIC de BARCELONA
Servei de REHABILITACIÓ - Planta Baixa

***Figura 6.17** Propuesta de reforma de la planta baja de la URH*

Por otro lado, en las figuras 6.18 y 6.19, se hace una comparación entre el estado actual y la propuesta de reforma de la planta sótano del dicho servicio de rehabilitación del Hospital Clínic.





HOSPITAL CLÍNIC de BARCELONA
Servei de REHABILITACIÓ - Planta Soterrani

***Figura 6.18** Estado actual de la planta sótano de la URH*

Estas modificaciones en el entorno de las salas de rehabilitación se han sometido a un estudio económico que se verá reflejado en el siguiente capítulo, junto al de la adquisición y/o renovación de equipamiento biomédico.

Figura 6.19 Propuesta de reforma de la planta sótano de la URH

6.4.1 Rediseño integral

Las modificaciones del apartado 6.4 están sujetas a un caso donde existe una limitación de recursos económicos. No obstante, si no fuese de este modo, la propuesta de reforma adquiriría un carácter más allá de una redistribución de espacios y obra civil en las mismas plantas. Se hablaría entonces de un rediseño integral de la entera unidad de rehabilitación.

En primer lugar, un cambio significativo para el servicio consistiría en el cambio de tipo de tratamiento que se lleva a cabo entre una planta y otra, proponiendo que el tren superior se tratará en la planta sótano y el tren inferior se tratase en la planta baja.

De este modo dados los accesos existentes a la planta sótano serían fácilmente utilizables por todo tipo de pacientes, ya que algunos de ellos, dependen exclusivamente del ascensor al desplazarse en silla de ruedas, y en caso de avería, podrían perder esa sesión de rehabilitación, que no obstante no supone un riesgo vital, empeora las condiciones del servicio. Los pacientes con lesiones en el tren superior no tendrían problemas para desplazarse hacia la planta sótano al no padecer lesiones en las piernas.

En un último planteamiento, sin tener en cuenta el presupuesto ni el desplazamiento vertical, se propondría una reforma que incluyese ambos tipos de rehabilitación (tronco superior e inferior) en la misma planta. Esto no solo daría homogeneidad al servicio, sino que favorecería al control de los pacientes y propiciaría la creación de relaciones sociales entre pacientes, algo que podría generar la motivación y positividad entre los sujetos que están siendo rehabilitados.

CAPÍUTLO 7: ESTUDIO ECONÓMICO

La necesidad de cambio introducida en la remodelación infraestructural de la URH dan pie al estudio económico tanto de mercado actual en cuanto a equipamiento biomédico como al de obra civil a realizar en la redistribución espacial. Es por ello que este estudio se divide en dos partes; la que refiere al equipamiento, y la que se encarga de evaluar los costes de la nueva infraestructura.

7.1. Equipamiento

La unidad de rehabilitación del Hospital Clínico de Barcelona pertenece a la generación de infraestructuras más antigua del hospital, desde que se fundo en

1906 y desde entonces tanto el mobiliario como el equipamiento en las salas de rehabilitación han evolucionado poco. De echo, hoy en día todavía se pueden encontrar vestigios de aparatos que han quedado en desuso debido a la evolución de las técnicas y que están como recordatorio presentes en dichas salas.

Después de realizarse pequeñas entrevistas y cuestionarios a los profesionales y fisioterapias de la unidad, se ha llegado a la conclusión de que para mejorar su servicio de caras al paciente, convendría mejorar las instalaciones, renovándose e incluyendo equipamiento en la sala.

Se ha elaborado una lista de los dispositivos que deberían incluirse y/o renovarse en la URH:

- 3 baño de parafina: uno para manos y dos unidades para pies
- 2 Lámparas de rayos infrarrojos
- 3 bombillas de rayos infrarrojos de 250 W
- Equipo de posturografía digital computerizada (PDC)
- 2 equipos de electroestimulación
- 1 mesa de rehabilitación de manos profesional

Con esta lista, se ha elaborado un estudio de los equipos biomédicos actuales que no solo satisfarían la demanda que existe, sino que además aportarían el mayor valor añadido al mejor precio posible, obteniéndose los equipos que se describen a continuación:

Equipo de Posturografía Digital Computerizada:

NeuroCom® Smart Balance Master®

Actualmente la Posturografía Dinámica Computerizada (PDC) esta considerada como el "Gold Standard" para el estudio del control postural. Es una tecnología que fue desarrollada por la NASA para someter a los astronautas tras sus misiones en el espacio. La American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery y American Academy of Neurology han descrito la PDC *como un método clínicamente útil para el estudio del equilibrio humano, que aísla y cuantifica los componentes sensoriales y motores que contribuyen al mantenimiento del control postural y permite valorar la integración sensorimotora tanto en sujetos normales como en aquellos con déficits de equilibrio*. Además ha sido incluida recientemente por la American Medical Association entre los métodos que permiten la documentación de los déficits y discapacidades. [34].

Este equipo esta compuesto por una plataforma móvil, un entorno visual (sala de pruebas funcionales) también móvil y un sistema informático. Se pueden realizar esencialmente 3 tipos de pruebas:

- Prueba de organización sensorial (capacidad del paciente para mantener el equilibrio).
- Test de adaptación (capacidad del paciente para mantener el equilibrio dada una perturbación en su estabilidad).
- Test de control voluntario de los límites de estabilidad (Valora el control voluntario del sujeto de situar su centro de gravedad en la frontera de sus límites de estabilidad).

Gracias a este equipo, se podrían realizar las pruebas posturográficas con un nivel de precisión mucho mayor que con el equipo actual, asegurando diagnósticos certeros para tener un mejor control del paciente y proponerle una terapia mas adecuada según el nivel en el que se encuentre actualmente, para acelerar su proceso de alta.

***Figura 7.1** Equipo de posturografía digital computerizada Smart Balance Master®. Fuente: [35]*

Baño de parafina para manos

Debido a la disposición de tan solo uno de estos equipos en tan solo una de las plantas de la URH, en concreto la planta baja, donde se tratan lesiones de tronco superior y convergen más de 8 pacientes en la misma franja horaria, conviene por tal de evitar el tiempo de espera la adquisición de otro baño de parafina para manos.

Es por ello, que se ha escogido el Baño de parafina para manos Enraf Nonius 933, por su gran potencia de hasta 2000 W y su gran capacidad de hasta 30 litros, haciendo posible que al menos 4 pacientes puedan estar contemporáneamente la terapia térmica que ofrece.

Además incorpora un mueble con ruedas que permite su fácil traslado alrededor de la unidad, lo que facilita no solo su movilidad, sino el mantenimiento en ocasiones como la de cambiar la parafina por ejemplo.

Figura 7.2 Baño de parafina para manos Enraf Nonius, modelo 933. Fuente: [36]

Baño de parafina para pies

Actualmente la unidad de rehabilitación no cuenta con un baño de parafina en la planta subterránea, dedicada exclusivamente al tronco inferior. Es por ello, que se requeriría incluir la terapia térmica mediante el uso de este hidrocarburo para tratar a los pacientes que requieran atención ya no solo en las piernas, sino en la zona en concreto de los pies.

Es por ello que se ha escogido el baño de parafina para pies (figura 7.3) por su fácil transporte, su comodidad, precio y eficiencia. Sólo pesa 4 kg y es ideal para tratar pies, de hasta una talla 46 con una potencia de 150 W.

Se ha optado por la compra de dos unidades de este modelo debido a que sólo se puede poner un pie a la vez, y en caso de necesitar el uso en al menos 2 pacientes, convendría tener un par de estos equipos activos. También podría haberse comprado un equipo con cabida para ambos pies, pero el precio se hubiera elevado muy considerablemente sin ofrecer grandes ventajas respecto a los baños individuales.

***Figura 7.3** Baño de parafina para pies. Fuente: [37]*

Lámpara de Infrarrojos

Las lámparas de las que dispone el centro actualmente son las modelo FOCO 3000, que además de ofrecer una potencia adecuada están dotadas de un brazo articular que permite su cómoda aplicación y una base con ruedas que permite su fácil movilidad. Es por ello que se ha optado por elegir este modelo de nuevo porque además de su buena relación calidad/precio, el personal esta más familiarizado y las labores de mantenimiento resultarán menos aparatosas.

Del mismo modo se han elegido las bombillas que usan dichas lámparas para realizarse la terapia, confiando en la casa Philips y en su modelo Phillips infrared R125 de 250 W con los que junto a la lámpara ofrecen sus mejores prestaciones y óptimos resultados.

Equipo de Electroestimulación

***Figura 7.4** Equipo de electroestimulación Enraf Nonius modelo ENDOMED 482. Fuente: [38]*

El equipo Sirio Dual Stimulator (figura 3.18) requiere una renovación debido a su antigüedad y tras un estudio de mercado para este tipo de equipos, se ha optado por la opción de un equipo perteneciente a la casa Enraf Nonius, con quienes tanto doctores como fisioterapeutas están ya familiarizados. En concreto, con el modelo ENDOMED 482 (figura 7.4). Este se trata de un modelo muy moderno que ofrece muy buen rendimiento (Anexo 1) a una relación calidad – precio muy alta, por lo que al no ofrecer mayores ventajas de cara al tratamiento que se realiza en la URH respecto a sus competidores de más alta gama y sólo se trata de una cuestión de cantidad, se ha elegido la adquisición de este modelo para incluir en tanto la planta baja como la subterránea. [39].

Mesa canadiense de rehabilitación profesional

También conocida por tabla de manos, este equipo biomecánico esta enfocado al tratamiento de las extremidades superiores y se basa en los principios de la mecanoterapia, aquella disciplina dentro de la fisioterapia que se encarga de tratar lesiones a través de medios y aparatos mecánicos. [40].

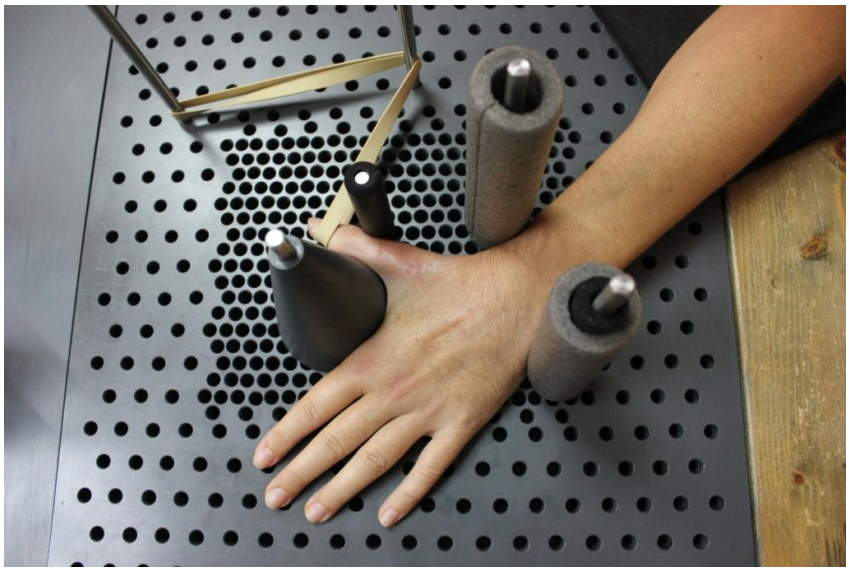


***Figura 7.5** Rehabilitación funcional de una mano con el uso de una tabla canadiense. Fuente: [41]*

La particularidad que ofrecen estas mesas (figura 7.5) es que incluyen paneles agujereados que junto al uso de varillas, rodillos y otros accesorios permiten crear ejercicios personalizados para cada paciente según sus necesidades de forma rápida y que además le permita trabajar durante largos periodos de tiempo.

Esta técnica de fisioterapia se conoce como Movilización Analítica, Progresiva y Secuencial (MAPS), un método funcional que busca conseguir recobrar la movilidad normal de la mano tras una lesión. [42].

Los fisioterapeutas de la URH, afirman que la adquisición de esta mesa de trabajo, daría un gran valor añadido a la sala dedicada a tronco superior, asegurando que se trata de un sistema eficaz, eficiente, seguro, regulable, progresivo, actual, respetuoso y sobretodo, sencillo.

Cintas de inmovilización termoplásticas

Los materiales termoplásticos son aquellos que puestos sobre una superficie, pueden adoptar la forma de esta mediante la aplicación de calor. Una vez retirada la fuente externa de calor, el material se endurece obligando la superficie cubierta a permanecer inmóvil.

Este tipo de material, con el debido tratamiento, puede emplearse en rehabilitación para la fabricación de férulas de inmovilización de extremidades que requieran permanecer tiempo en una misma posición debido al tratamiento indicado por los profesionales, convirtiéndose en un elemento de gran valor añadido a no solo la URH del hospital clínico, sino para cualquier sala de rehabilitación funcional.

Se han seleccionado los termoplásticos de la marca Orfit® (figura 7.6) ya que todos sus materiales termoplásticos se someten a pruebas de conformidad que cumplen estándares de biocompatibilidad estrictos, están exentos de látex, son biodegradables y cumplen con los estándares ambientales más rigurosos en el proceso de producción.

***Figura 7.6** Férula de mano hecha con material termoplástico Orfit. Fuente: [43]*

Para su aplicación, solo se debe cortar un trozo de cinta adecuado para cubrir la lesión deseada, y calentar en agua o con calor seco a 65 grados centígrados durante 1 minuto y posteriormente cubrir la zona afectada.

Panel propioceptivo Boulder

También conocido como pared de escalada (figura 7.7), este panel con pequeños y coloreados agarres independientes y dispuestos en panel de forma aleatoria es de gran ayuda para la ejercitación de la agilidad y los reflejos tanto en jóvenes como adultos y encajaría perfectamente en las instalaciones de la planta donde se trata el tren superior, sin suponer una gran pérdida de espacio útil debido a sus dimensiones como pared.

***Figura 7.7** Panel Boulder en la esquina superior derecha de la figura junto a una mesa canadiense de 7 tableros. Fuente: [44]*

7.1.1 Costes

La tabla 7.1 presenta la relación de equipos para la propuesta de remodelación de la sala de la URH en cuanto a número y el coste económico de los equipos.

***Tabla 7.1** Costes de adquisición/renovación de equipamiento biomédico para la URH*

Equipo	Unidades	Precio (€)
NeuroCom® Smart Balance Master®	1	8.849,32
Baño de parafina manos 931	1	1.138,89
Baño de parafina pies	2	110,08
Lámpara de Infrarrojos	2	354,54
Bombilla roja de 275 W	3	24,13
Mesa Canadiense	2	2.674
Electroestimulador ENDOMED 482	1	1.672,34
Cinta termoplástica Orfit®	3	102,75
Panel Boulder	1	164,5
Total + IVA (21%)		**18.259,57**

7.2. Infraestructuras

En este apartado se evaluará el coste que tendría la implementación del modelo radial en las salas de rehabilitación de tanto la planta baja como la subterránea.

Para ello, se han considerado las horas de trabajo de personal requerido para realizar la obra y modificar las salas y el transporte del equipamiento con su puesta a punto.

7.2.1 Costes

La propuesta de reforma en ambas plantas de rehabilitación implica una remodelación de espacios y en la tabla 7.2 se detallan los precios de las modificaciones y el coste total de las reformas introducidas en las figuras 6.17 y 6.19:

Tabla 7.2 Presupuesto con desglose en detalle por capítulos de las plantas baja y sótano de la URH

PRESUPUESTO CON DESGLOSE EN DETALLE POR CAPÍTULOS					
PLANTA BAJA	Partida	Descripción	Ud	Precio/Ud	Total
	DD1	Derribo tabique existente	2,00	125,00	250,00
	DD2	Desmontar mostrador de obra existente	P.A,	180,00	180,00
	NEO1	Nuevo tabique	1,00	600,00	600,00
	NEO2	Mostrador nuevo	2,00	2.000,00	4.000,00
	NEO3	Ayudas de albañilería en instalaciones	P.A,	300,00	300,00
	NEO4	Nuevo Box	P.A,	800,00	800,00
	NEO5	Zócalos	P.A,	180,00	180,00
	NEO6	Pintura nuevas paredes	100,00	6,00	600,00
	INS1	Instalaciones en puestos de trabajo	3,00	500,00	1.500,00
	TR1	Traslados en cambios de ubicación de objetos	P.A,	350,00	350,00
			Suma		8.760,00
			IVA 21%		1.839,60
			TOTAL Planta Baja		**10.599,60**
PLANTA SOTANO	Partida	Descripción	Ud	Precio/Ud	Total
	DD1	Desmontaje jaulas metálicas	2,00	125,00	250,00
	DD2	Retirada de elementos fijados a paredes	P.A.	50,00	50,00
	DD3	Desmontar espalderas	3,00	25,00	75,00
	NEO1	Mostrador nuevo	1,00	2.000,00	2.000,00
	NEO2	Tabiques y cortinas	P.A,	1.000,00	1.000,00
	NEO3	Elementos divisorios	3,00	600,00	1.800,00
	NEO4	Zócalos	P.A,	180,00	180,00
	NEO5	Pintura nuevas paredes	100,00	6,00	600,00
	INS1	Instalaciones en puestos de trabajo	2,00	500,00	1.000,00
	INS2	Modificación instalaciones equipos existentes	P.A.	500,00	500,00
	TR1	Traslados en cambios de ubicación de objetos	P.A,	350,00	350,00
			Suma		7.805,00
			IVA 21%		1.639,05
			TOTAL Planta Baja		**9.444,05**

La tabla 7.3 indica el presupuesto total de la obra civil de la propuesta de reforma.

Tabla 7.3** **Presupuesto total de la propuesta de reformas en las plantas baja y sótano de la URH

PRESUPUESTO RESUMEN POR APARTADOS PRINCIPALES		
Apartado		Importe (IVA incl.)
1.- DD	DERRIBOS y DESMONTAJES	974,05
2.- NEO	NUEVOS ELEMENTOS de OBRA	14.592,60
3.- INS	INSTALACIONES	3.630,00
4.- TR	TRASLADO de OBJETOS EXISTENTES	847,00
Importe total		**20.043,65**

CAPÍTULO 8: CONCLUSIONES Y EXTENSIONES FUTURAS

La finalidad de este Trabajo de Final de Grado, ha sido caracterizar el equipamiento biomédico de la unidad de rehabilitación (URH) del Hospital Clínico y provincial de Barcelona, a su vez que se proponía una mejora y remodelación del espacio de las salas de rehabilitación que contiene, de manera que la calidad del servicio que se ofrece de cara al paciente durante su tratamiento mejore y sea más eficiente.

Se puede considerar entonces, que la primera parte del objetivo queda cumplida, desde el momento en el que no solo se introducen dichos equipos y la terapia que proporcionan, sino que además se elabora una ficha técnica de estos la cual sintetiza cuáles son los parámetros de mayor interés a nivel de practicidad sanitaria y biomédica.

Por otro lado, con tal de cumplir la segunda parte del objetivo de establecer una redistribución espacial se introduce un método totalmente nuevo en su género en dentro del ámbito de la rehabilitación en las salas del hospital donde se teoriza

un modelo de actuación en base al cual debe distribuirse el espacio de caras a la efectiva recuperación del paciente, el modelo Radial.

Las bases y principios de este modelo son los que dan pie a una dinámica de terapia que incita al paciente a la competición, integración social y motivación personal por salir recuperado lo antes posible.

Tal y como se ha comentado con anterioridad en la memoria, se ha abarcado la redistribución de los espacios desde una perspectiva general en cuanto a esta segunda parte, en la que se ha empezado por diseñar un modelo inspirado en la naturaleza que tenga en cuenta todos los niveles de lesión que puedan encontrarse en la sala, hasta plantear una distribución nueva según las características geométricas de la infraestructura de la URH como tal. Debido a la envergadura del trabajo y a las limitaciones propias del TFG, su alcance no contemplaba el rediseño arquitectónico completo de las salas de rehabilitación que la unidad necesitaría para poner en práctica este modelo experimental, siendo una muy buena opción para desarrollar junto a un equipo durante los próximos 2 o 3 años.

Combinando los conocimientos adquiridos durante la carrera, el periodo de prácticas en la unidad de rehabilitación del hospital clínico y provincial de Barcelona y mi motivación, dedicación y esfuerzo tras mi trabajo de inmersión observacional han hecho que mi poca experiencia en la elaboración de proyectos técnicos de caracterización de equipos y redistribución espacial hayan satisfecho los objetivos iniciales de forma satisfactoria.

Este trabajo podría ser la base que de hincapié un nuevo planteamiento a la hora de ejercer la rehabilitación funcional aplicando el modelo radial que además cuenta con un estudio económico corroborado por profesionales del gremio de la fisioterapia.

Me gustaría recalcar que este ha sido un trabajo muy enriquecedor desde el punto de vista profesional que me ha hecho estar en constante contacto con el sector hospitalario y su funcionamiento y gestión interna, volviéndome más ágil a la hora de encontrar recursos, pudiendo trabajar con experimentados profesionales, ampliando consideradamente así mis conocimientos sobre el sector biomédico.

En resumen, ha hecho que la elaboración de este trabajo se convierta en la mejor conclusión de mi periodo académico como graduado en ingeniería biomédica posible, por lo que me gustaría darles un especial agradecimiento a mi tutora Beatriz Giraldo por animarme siempre a seguir hacia delante y buscar

aquello que me gusta, a mi co-tutor de prácticas Ferran Rodríguez y su compañero Agustí Cervigon por pese a tener tantas responsabilidades mostrarse siempre muy serviciales y ayudarme a mejorar los aspectos el proyecto, a la Dra. Isabel Sañudo por darme la libertad y facilidades que tuve en mi periodo de prácticas, a la Dra. Marta por enseñarme el mundo de la rehabilitación funcional con realidad virtual, a los médicos Sandra y Robert por no poner pegas a que les acompañase en sus sesiones con los pacientes, al Dr. Alejandro Burgos por haber sido no solo un colega de trabajo sino un amigo y estar presente en la realización del trabajo hasta el final y por último a mis padres, sin quienes ni este proyecto, ni nada de esto, hubiera sido posible.

CAPÍTULO 9: BIBLIOGRAFÍA

9.1 Referencias bibliográficas

Climent Barberá JM. Historia de la Rehabilitación: De la medicina física a la atención de la discapacidad. 2009. EdikaMed. ISBN: 978-84-7877-584-2

Gutmann, A. Z. 1980. Fisioterapia Actual. Barcelona, España: JIMS. 84-7092-221-1.

E. Nonius. Radarmed 650. 2005. Rotterdam, The Netherlands: Enraf Nonius. ISBN 1435.750-42.

H. Uniphy. 2008. Fabricación de equipos médicos. Madrid: Electromedicas Helios.

Sociedad Española de Rehabilitación y Medicina Física (SERMEF). Sánchez Blanco I, Ferrero Méndez A, Aguilar Naranjo JJ, Climént Barberá JM, Conejero Casares JA, Florez García MT, Peña Arrébola A, Zambudio Periago R (Coord.). Manual SERMEF de Rehabilitación y Medicina Física. Editorial Médica Panamericana. 2006. ISBN 84-9835-114-6

Sociedad Española de Rehabilitación y Medicina Física (SERMEF), Sociedad Española de Rehabilitación Infantil (SERI). Redondo García MA, Conejero Casares JA (Dir.). Rehabilitación Infantil. 2012. Editorial Médica Panamericana. ISBN: 978-84-9835-344-0

Morota Montero JM, Zarzosa DP. Rehabilitación Cardiovascular. 2010. Editorial Médica Panamericana. ISBN 9788498353174.

E. Nonius. Sonopuls 490/491. 1998. The Netherlands. ISBN 1497.750-44.

E. Nonius, PRIM Fisioterapia y Rehabilitación. Baño de Parafina. Madrid. ISBN 1101.014FR-00

9.2 Referencias web

[1] http://newbostonpost.com/wp-content/uploads/2015/09/Aristotle-780x439.jpg

[2] http://historiadelafisioterapiaenelmundo.blogspot.com.es

[3] A. H. Reyes. 2006. Fisioterapia: pasado, presente y ¿futuro?. http://www.efisioterapia.net/articulos/fisioterapia-pasado-presente-y-futuro (Acceso el 2 de Enero, 2016).

[4] http://www.bestdoctorsblog.com/wp-content/uploads/2014/05/fisio-ES.jpg

[5] http://www.quadernsdigitals.net/egipto/Muerte/fotos/602b.jpg

[6] http://historiadelahidroterapia.blogspot.com.es/2011/07/el-uso-del-agua-en-el-tratamiento-de.html

[7] http://historiaybiografias.com/archivos_varios3/vitrubio.jpg

[8] http://sanandose.com/wp-content/uploads/2015/10/fitoterapia.jpg

[9] E. H. Blanco. 2011. Historia de la fisioterapia. http://fundafisio.blogspot.com.es/2011/01/historia-de-la-fisioterapia.html (Acceso el 3 de Enero, 2016).

[10] http://www.letsport.es/media/com_webemus/deals/1408011939pruebaesfuerzo.jpg

[11] M. O. Ferreira. 2010. HIDROTERAPIA EN TANQUE HUBBARD. http://www.boletindesalud.com/home/index.php?option=com_content&view=article&id=254:hidroterapia-en-tanque-hubbard-&catid=16:notas-y-articulos&Itemid=6 (Acceso el 16 de Febrero, 2016).

[12] http://2.bp.blogspot.com/_Pvw8mnkDIms/TTMkaWsaD5I/AAAAAAAAABM/powDqXjvM8o/s1600/agua.jpg

[13] M. Infomagnetoterápia. Todo sobre la magnetoterapia. http://www.infomagnetoterapia.com (Acceso el 8 de Marzo, 2016)

[14] E. Nonius. 2005. Sonoplus 190, instrucciones de manejo. Rotterdam: Enraf Nonius.

[15] EFisioterapia. 2006. Electroterapia con microondas. http://www.efisioterapia.net/articulos/electroterapia-microondas (Acceso el 14 de Marzo, 2016).

[16] Fundación Internacional de las Ondas de Choque. 2009. Guía del Usuario Ortopedia. Kreuzlingen, Suiza.

[17] http://www.mts-medical.com/en_US/produkte/orthopaedie/orthogold100/

[18] S. S TENS. ¿Qué es la electroestimulación?. http://www.tens.es/ique-es-electroestimulacion/tens-tratamiento-del-dolor.html (Acceso el 7 de Marzo, 2016)

[19] T. Petelski. 2013. Rayos infrarrojos, usos terapéuticos y beneficios para la salud. http://suite101.net/article/rayos-infrarrojos-beneficios-para-la-salud-a78537#.VupouBFaHZ4 (Acceso el 16 de Marzo, 2016).

[20] C. Barona. 2010. Posturografía. http://clinicabarona.com/?page_id=368&lang=es (Acceso el 26 de Marzo, 2016).

[21] B. BAASYS. 2012. Pruebas de Biomecánica: Plataforma Dinamométrica. http://www.baasys.es/plataforma-dinamometrica.html (Acceso el 26 de Marzo, 2016)

[22] QuimNet. La Parafina o los baños de parafina con fines terapéuticos. 2009. http://www.quiminet.com/articulos/la-parafina-o-banos-de-parafina-con-fines-terapeuticos-41209.htm (Acceso el 4 de Abril, 2016).

[23] Wikipedia. Parafina. 2016. https://es.wikipedia.org/wiki/Parafina (Acceso el 4 de Abril, 2016).

[24] http://cdn.arstechnica.net/wp-content/uploads/2014/03/9464.jpg

[25] O. Rift. 2015. The Rift's Recomended Spec, PC, SDK 0.6 Released. and Movile VR Jam Voting. https://www.oculus.com/en-us/blog/the-rifts-recommended-spec-pc-sdk-0-6-released-and-mobile-vr-jam-voting/ (Acceso el 21 de Marzo, 2016).

[26] http://ichef-1.bbci.co.uk/news/660/cpsprodpb/47E8/production/_87480481_gettyimages-461621859.jpg

[27] Sociedad Española de Rehabilitación y Medicina Física (SERMEF). Sánchez Blanco I, Ferrero Méndez A, Aguilar Naranjo JJ, Climént Barberá JM, Conejero Casares JA, Florez García MT, Peña Arrébola A, Zambudio Periago R (Coord.). Manual SERMEF de Rehabilitación y Medicina Física. Editorial Médica Panamericana. 2006. http://www.medicapanamericana.com/Libros/Libro/4030/Manual-SERMEF-de-Rehabilitacion-y-Medicina-Fisica.html (Acceso el 2 de Abril, 2016).

[28] Morota Montero JM, Zarzosa DP. Rehabilitación Cardiovascular. 2010. Editorial Médica Panamericana. http://www.medicapanamericana.com/Libros/Libro/4335/Rehabilitacion-Cardiovascular.html (Acceso el 2 de Abril, 2016)

[29] Sociedad Española de Rehabilitación y Medicina Física (SERMEF), Sociedad Española de Rehabilitación Infantil (SERI). Redondo García MA, Conejero Casares JA (Dir.). Rehabilitación Infantil. 2012. Editorial Médica Panamericana. http://www.medicapanamericana.com/Libros/Libro/4268/Rehabilitacion-Infantil.html (Acceso el 4 de Abril, 2016).

[30] http://catesfam.com/wp-content/uploads/2014/01/paso3.jpg

[31] http://reporteyucatan.mx/uploads/publicacion_4a95.jpg

[32] M. Perez. 5 ejemplos de como la naturaleza ha inspirado al hombre. http://www.fundacionmelior.org/content/tema/5-ejemplos-de-como-la-naturaleza-ha-inspirado-al-hombre (Acceso el 4 de Abril, 2016).

[33] https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/736x/b7/72/70/b772705cdd977336f6a25459ffe15e9d.jpg

[34] Natus Medical Incorporated. Neurocom Smart Balnce Master. 2015. http://www.natus.com/documents/015367A_SMART-BM_EN-US_lores.pdf (Acceso el 4 de Abril, 2016).

[35] http://www.neuro.fr/images/Image/SMEQTSOTclinician_1368881168.JPG

[36] http://www.enraf.es/productos/bano-de-parafina/

[37] http://www.quieru.com/anuncio/tanque-parafina-4kg-213193

[38] http://www.enraf.es/productos/endomed-482/

[39] Enraf Nonius. Manual Endomed 482, instrucciones de uso. 2015. http://es.slideshare.net/kuxitajdan/manual-endomed-482 (Acceso el 9 de Abril, 2016).

[40] Maps Therapy. La rehabilitación funcional de la mano y la extremidad superior a través de la innovación en mecanoterapia. 2015. http://www.mapstherapy.com (Acceso el 8 de Abril, 2016).

[41] http://www.mapstherapy.com/wp-content/uploads/2013/11/MANO-CONO-ELÁSTICO-2.jpg

[42] Maps Therapy. Tu empresa de venta de tablas canadienses. 2015. http://www.mapstherapy.com/productos/ (Acceso el 8 de Abril, 2016).

[43] https://ssl.cdn.ncmedical.com/items/fullsize/2009_06_09_15_37_52__7_NC81339B_LG.jpg (Acceso el 5 de Abril, 2016).

[44] http://handtherapybcn.com (Acceso el 5 de Abril, 2016).

9.3 Otras referencias

Enraf Nonius. Service Manual Sonopuls 464. 1987. http://www.ersbiomedical.com/Manuals/Enraf/Sonopuls%20434.pdf (Acceso el 8 de Abril, 2016).

Medwow. Estimulador ultrasónico, eléctrico, terapía física – Bosch – DYNOMED M. 2014. http://es.medwow.com/used-ultrasound-and-electrical-stimulation/bosch/dynomed-m/724689842.item (Acceso el 8 de Abril, 2016).

BTL. BTL-4825S PREMIUM. 2016. http://www.btlnet.es/productos-fisioterapia-terapia-combinada-btl-4000-smart-premium-unidades-combi-btl-4825s-premium (Acceso el 8 de Abril, 2016).

Helios Medical. Catálogo. 2016. http://farmadismo.com/cd3/rehabilitacion/catalogo_2011_helios_4.pdf (Acceso el 8 de Abril, 2016).

Enraf Nonius. Service Manual Sonopuls 464. 1987. http://www.ersbiomedical.com/Manuals/Enraf/Sonopuls%20434.pdf (Acceso el 8 de Abril, 2016).

O. Kinderland. 2016. Alemania. Barra de Escalada por Empuje de Muro de Escalada 205x88x38 cm Cuerda Con Nudo. http://www.ebay.es/itm/Barra-de-Escalada-Por-Empuje-Muro-De-Escalada-205x88x38-cm-Cuerda-Con-Nudo-/331073524492 (Acceso el 9 de Abril, 2016).

Gaes Electromedicina, Optomic. Plataforma Evaluación/Rehabilitc. Posturografía Neurocom BALANCE MASTER L. Barcelona. http://www.orl.gaes.es/rcs_gene/Neurocom_20BALANCE_20MASTER_20L_20_70094_.pdf (Acecso el 9 de Abril, 2016).

Agencia española de medicamentos y productos sanitarios. CATEGORÍAS Y CLASES DE PRODUCTOS SANITARIOS. 2010. http://www.aemps.gob.es/informa/notasInformativas/productosSanitarios/2010/NI-cumplimiento-legislacion-PS.htm#anexo (Acceso el 10 de Abril, 2016).